Untersuchungen zu kognitiven und affektiven Aspekten des Einsatzes eines Student Response Systems im Chemieunterricht

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften
der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
zur Erlangung des Grades und Titels

Doctor philosophiae
(Dr. phil.)

angenommene Dissertation

von Herrn Pascal Schindler

geboren am 26.11.1979 in Braunschweig

Gutachterin:

Prof. Dr. Verena Pietzner

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Marco Beeken

Universität Oldenburg

Datum der Disputation

03.07.20

Oldenburg, Juli 2020

Pascal Schindler

38533 Vordorf

p.schindler@gmx.de

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Verena Pietzner bedanken. Sie hat mir die Möglichkeit gegeben sich neben meinem Berufsalltag mit diesem spannenden Forschungsthema zu beschäftigen und mich jederzeit durch die anregenden Diskussionen und fachlichen Hinweise in meinen Bestrebungen unterstützt.

Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. Marco Beeken für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Diese Arbeit wäre sicherlich nicht durch die Unterstützung weiterer Personen möglich geworden und so möchte ich mich auch bei meiner Fachgruppe Chemie des Gymnasiums Martino-Katharineum aus Braunschweig bedanken. Insbesondere bei meinen Kolleginnen Frau Dr. Henriette Höxter, Frau Isanna Herden und Frau Lea von Ganski, die maßgeblich durch ihr Engagement und ihre Bereitschaft an der Studie teilzunehmen, zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Schulleiter Herrn Jens Büngener für die Unterstützung im Zusammenhang mit den aufgetretenen Problemen bei der Genehmigung der Durchführung der Studie durch die Landesschulbehörde bedanken.

Der größte Dank gebührt jedoch meiner Frau Janina, die mir in dieser Zeit in unserer großen Familie den Rücken freigehalten hat und mir immer wieder Raum geschaffen hat sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen.

Meinen vier Kindern Joschua, Tabea, Marlena und Dorothea danke ich für den rücksichtsvollen Umgang, wenn „Papa“ mal wieder Stunden an seinem Schreibtisch verbracht hat.

Kurzfassung

Der Einsatz von „Student Response Systemen“ in der universitären Lehre findet auch in Deutschland immer mehr Beachtung. Die technischen Anforderungen und Kosten solcher Systeme sind in den letzten Jahren insbesondere durch die flächendeckende Verbreitung von Smartphones gesunken. Zahlreiche Systeme stehen als webbasierte Browser-Apps einfach und kostenlos zur Verfügung und ermöglichen unter Verwendung von Smartphones, Tablets oder Notebooks als Endgeräten eine schnelle Einbindung und Beantwortung von Fragen in den Vorlesungsalltag.

Viele Studien an Hochschulen zeigen positive Effekte dieses Einsatzes auf die Aufmerksamkeit (vgl. Russell et al., 2011; Hoekstra, 2008), Mitarbeit (vgl. Landrum, 2013) oder die Lernleistung (vgl. Mayer et al., 2009; King & Joshi, 2008) der Studierenden. Wissenschaftliche Studien zum Einsatz und den Auswirkungen von „Student Response Systemen“ in der Schule sind dagegen nicht sehr weit verbreitet (vgl. Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz des Student Response Systems ARSnova im Chemieunterricht der 6. Klasse und der 10. Klasse an einem niedersächsischen Gymnasium untersucht. Der Einsatz des Student Response Systems ARSnova im Chemieunterricht erfolgte in der durchgeführten Interventionsstudie über einen Zeitraum von sechs Doppelstunden mit Hilfe des von Dufresne et al. (1996) entwickelten Question Cycle.

Zur Erfassung der Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf unterschiedliche Aspekte der Lernmotivation, wie die schulbezogene Selbstwirksamkeit (Bandura, 1977) und die Selbstbestimmung (Deci & Ryan, 1985) oder das Lernklima (Bolte, 1996) wurden ebenso wie zur Erfassung der Bedienbarkeit von ARSnova vorhandene Fragebögen aus der Literatur ausgewählt und eingesetzt. Zur Erfassung der Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum Unterricht mit ARSnova und der Untersuchung der Auswirkungen auf die Einschätzungen der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit sowie die Lernleistung wurden weitere Fragebögen und Leistungstests konzipiert und im Vorfeld der Studie pilotiert.

Die vorliegenden Ergebnisse der Studie zeigen, dass das für die Studie ausgewählte Student Response System ARSnova nach einer kurzen Einführung von den Schülerinnen und Schülern beider Jahrgangsstufen problemlos bedient werden kann. Der durchgeführte Unterricht mit ARSnova unter spezieller Berücksichtigung des von Dufresne et al. (1996) entwickelten Question Cycle ermöglicht eine problemlose Einbindung in unterschiedliche Unterrichtsphasen des Chemieunterrichts. Die vorliegenden Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler beider Jahrgänge den durchgeführten Unterricht mit ARSnova unterschiedlich bewerten. So stehen im 6. Jahrgang 86,5 % der Schülerinnen und Schüler dem Unterricht tendenziell positiv gegenüber, im 10. Jahrgang sind es dagegen nur 42,9 %. Es kann vermutet werden, dass sich die technischen Probleme während des Unterrichts in den 10. Klassen negativ auf die Einstellung zum durchgeführten Unterricht mit ARSnova auswirken. Die durchgeführte Studie zeigt auch, dass speziell die Jungen der 6. Jahrgangsstufe eine besonders positive Einstellung zum Unterricht mit ARSnova aufweisen.

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass sich die im Hochschulbereich gefundenen positiven Tendenzen im Bereich Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration (vgl. Landrum, 2013; Russell et

al., 2011) auch bei den Schülerinnen und Schülern der 6. Jahrgangsstufe beobachten lassen. Für die Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe lassen sich durch die vorliegenden Ergebnisse dagegen keine positiven Tendenzen ableiten. Vielmehr konnte eine signifikante Abnahme der eigenen Aufmerksamkeit während des Unterrichts mit ARSnova beobachtet werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen in beiden Jahrgängen Tendenzen auf, dass sich der durchgeführte Unterricht mit ARSnova positiver auf die Konzentration der Mädchen ausüben könnte.

Hinsichtlich der erhobenen Auswirkungen des Einsatzes des Unterrichts mit ARSnova auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie kein eindeutiges Bild.

Die Untersuchung des Einflusses des Unterrichts mit ARSnova auf die intrinsische Motivation und die verschiedenen Regulationen der extrinsischen Motivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) zeigt keinen Einfluss auf die intrinsische Motivation. Die vorliegenden Ergebnisse weisen jedoch Tendenzen nach, dass sich der Unterricht mit ARSnova auf die identifizierte Regulation, einer Abstufung der extrinsischen Motivation, die durch ein hohes Maß an Selbstbestimmung charakterisiert ist, auswirkt. Die vorliegenden Ergebnisse weisen zudem daraufhin, dass speziell die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen in dieser Hinsicht von dem Unterricht mit ARSnova profitieren.

Hinsichtlich der Auswirkungen des durchgeführten Unterrichts mit ARSnova auf die Lernleistung zeigen die vorliegenden Ergebnisse kein einheitliches Bild. Es deuten sich aber im 6. Jahrgang speziell durch die signifikant bessere Bearbeitung des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ und durch die signifikant bessere Bearbeitung des Post-Leistungstests durch die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe der 10. Jahrgangsstufe in beiden Jahrgängen positive Tendenzen der Auswirkungen des gewählten Einsatzes von ARSnova an.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der vorliegenden Studie einige Tendenzen auf, dass sich der Unterricht mit ARSnova in einigen Bereichen besonders positiv auf die Mädchen auszuwirken scheint.

Abstract

The use of Student Response Systems in university teaching continues, just like in other countries, to receive increasing attention in Germany as the technological requirements and costs of such systems have decreased in recent years, particularly as a result of the widespread use of smartphones. Numerous systems are available as web-based browser apps, easily accessible and free of charge, and enable smartphones, tablets or notebooks as mobile devices, thus allowing the inclusion of questions and answers in everyday lectures.

Various studies at universities have shown positive effects of Student Response Systems on attentiveness (see Russell et al., 2011; Hoekstra, 2008), participation/involvement (see Landrum, 2013) or learning performance (see Mayer et al., 2009; King & Joshi, 2008) of the students. Scientific studies on the use and effects of Student Response Systems conducted at school, however, are scarce (cf. Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016).

The focus of this PhD thesis is to examine the use of the Student Response System ARSnova in chemistry classes in a sixth grade and a tenth grade at a Lower Saxony grammar school. The ARSnova student response system was used in chemistry classes in this intervention study, carried out over a period of six 90-minutes-lessons and based on the Question Cycle developed by Dufresne et al. (1996). To measure the effects of the use of ARSnova on different aspects of learning motivation, such as school self-efficacy (Bandura, 1977) and self-determination (Deci & Ryan, 1985) or the learning climate (Bolte, 1996) as well as to determine the system's operability, questionnaires were selected from the existing literature on previous research in the field. Further questionnaires and performance tests were designed and test-runs were conducted prior to the study in order to record the attitudes of the students towards ARSnova-aided lessons and to examine the effects on the students' assessment of attentiveness, concentration, involvement and learning performance.

The results of the study show that the student response system ARSnova selected for the study can easily be operated by the students of both grades after a short introduction. The lessons with ARSnova, with special consideration of the Question Cycle developed by Dufresne et al. (1996), proved a problem-free integration into different teaching phases of chemistry lessons to be viable. The study's results show that the students of both age groups evaluate the lessons with ARSnova differently. 86.5% of sixth graders tend to be positive about ARSnova-aided teaching, whereas with tenth graders the approval rate drops to 42.9%. It can be assumed that the technical problems during the lessons in the tenth grades had a negative impact on the attitude towards the lessons with ARSnova. The results also show that especially the sixth-grade boys have a particularly positive attitude towards teaching with ARSnova. The available results show that the positive effects on involvement, attentiveness and concentration (see Landrum, 2013; Russell et al., 2011) found in the higher education sector can also be observed for the sixth graders. However, no positive tendencies can be concluded from the results available for the tenth-grade students. Rather there is a significant decrease of their attentiveness during the lessons with ARSnova. The results at hand, moreover, indicate a positive effect on sixth- and

tenth- grader girls' concentration. No conclusive evidence can be found on the effects of ARSnova-aided teaching on the students' perceived self-efficacy.

The investigation of the influence of teaching with ARSnova on the intrinsic motivation and the different regulations of the extrinsic motivation in terms of the self-determination theory by Deci & Ryan (1985) shows no influence on the intrinsic motivation. However, the results do suggest tendencies that lessons involving ARSnova have an impact on the identified regulation of a gradation of extrinsic motivation, which is characterized by a high degree of self-determination. The available results also indicate that the sixth-grade students in particular benefit from the lessons with ARSnova in this regard.

As with perceived self-efficacy, results concerning the learning performance remain inconclusive. Significantly improved test results in year six with tasks on particles and in year ten with the post-performance-test point to positive tendencies of the effects of this study's application of ARSnova.

Generally, results suggest a positive tendency for some of the examined criteria concerning ARSnova-aided lessons' effects on female students.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung I
Kurzfassung II
Abstract IV
Inhaltsverzeichnis VI
1 Einleitung 1
2 Theoretischer Rahmen 3
2.1 Medienbildung im Unterricht 3
2.2 Ausstattungssituation der Schulen 4
2.3 Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht 6
2.4 Student Response Systeme 8
2.4.1 Einsatz eines Student Response Systems 9
2.4.2 Peer Instruction 10
2.4.3 Class Wide Discussion 11
2.4.4 Question Sequence Approach 12
2.4.5 Auswirkungen des Einsatzes von Student Respons Systemen 13
2.4.5.1 Allgemeine Auswirkungen 14
2.4.5.2 Auswirkungen auf die Lernleistung 16
2.4.5.3 Geschlechterspezifische Auswirkungen 18
2.4.6 Einsatz von Student Response Systemen in Chemievorlesungen 21
2.5 Entwicklung von Fragen für ein Student Response System 23
2.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 25
2.7 Abgeleitete Forschungsfragen 27
3 Untersuchungsdesign 29
3.1 Das Student Response System ARSnova 29
3.1.1 Bedienung von ARSnova aus Schülersicht 30
3.1.2 Bedienung von ARSnova aus Lehrersicht 31
3.1.2.1 Erstellen einer Session und Einbinden von Fragen 32
3.1.2.2 Benutzung von ARSnova während des Unterrichts 36
3.2 Planung und Ablauf der Studie 38
3.2.1 Beschreibung der Stichproben 40
3.2.1 Kurzbeschreibung des Studienverlaufs 41
3.3 Einhaltung zentraler Gütekriterien 42

3.3.1 Objektivität ... 42
3.3.2 Reliabilität ... 42
3.3.3 Validität ... 43
3.4 Einsatz von ARSnova im Unterricht ... 44
3.4.1 Allgemeiner Ablauf einer Unterrichtsstunde mit ARSnova ... 45
3.5 Vorstellung der Unterrichtseinheiten ... 48
3.5.1 Unterrichtseinheit Klasse 6: Vorgänge im Teilchenmodell ... 48
3.5.2 Unterrichtseinheit Klasse 10: Elektronenpaarbindungen/ zwischenmolekulare Kräfte 51
3.6 Die Aufgaben und Fragestellungen in ARSnova ... 54
3.6.1 Grundlegende Anmerkungen zum Design der Aufgaben und Fragestellungen ... 54
3.6.2 Vorstellung ausgewählter Aufgaben und Fragen aus ARSnova ... 55
4 Vorstellung der verwendeten Erhebungsinstrumente ... 60
4.1 Lernklima nach Bolte ... 60
4.2 Lernmotivation ... 62
4.3 Schulbezogene Selbstwirksamkeit ... 63
4.4 Fragebogen zur Erfassung der Bedienbarkeit von ARSnova ... 64
4.5 Entwicklung und Pilotierung der eigenen Erhebungsinstrumente ... 67
4.5.1 Fragebögen zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und Meinung zum Unterricht mit ARSnova ... 67
4.5.1.1. Pilotierung der Fragebögen zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und der Meinung zum Unterricht mit ARSnova ... 68
4.6 Entwicklung und Pilotierung der Leistungstests ... 75
4.6.1 Leistungstest der Klasse 6 ... 75
4.6.2 Leistungstest der Klasse 10 ... 81
5 Auswertung ... 89
5.1 Auswertung der erhobenen Daten zum Lernklima ... 90
5.1.1 Auswertung des Prätests jahrgangsübergreifend ... 91
5.1.2 Auswertung Posttests jahrgangsübergreifend ... 91
5.1.3 Auswertung des Prätests Klasse 6 ... 93
5.1.4 Auswertung Posttests Klasse 6 ... 94
5.1.5 Auswertung Prätest Klasse 10 ... 96
5.1.6 Auswertung Posttest Klasse 10 ... 97
5.1.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend ... 99
5.1.8 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend 100
5.1.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 ... 105

5.1.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 106
5.1.11 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 111
5.1.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 112
5.2 Auswertung der erhobenen Daten zur Lernmotivation 116
5.2.1 Auswertung der Prätests jahrgangsübergreifend 117
5.2.2 Auswertung Posttest jahrgangsübergreifend 118
5.2.3 Auswertung des Prätests Klasse 6 121
5.2.4 Auswertung des Posttests Klasse 6 122
5.2.5 Auswertung Prätest Klasse 10 126
5.2.6 Auswertung Posttest Klasse 10 127
5.2.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend .. 130
5.2.8 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend 132
5.2.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 138
5.2.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 140
5.2.11 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 147
5.2.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 149
5.3 Auswertung der erhobenen Daten zur schulbezogenen Selbstwirksamkeit 154
5.3.1 Auswertung Prätest jahrgangsübergreifend 155
5.3.2 Auswertung Posttests jahrgangsübergreifend 155
5.3.3 Auswertung Prätest Klasse 6 156
5.3.4 Auswertung Posttest Klasse 6 156
5.3.5 Auswertung Prätest Klasse 10 157
5.3.6 Auswertung Posttest Klasse 10 158
5.3.7 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend 159
5.3.8 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend 159
5.3.9 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 161
5.3.10 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 162
5.3.11 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 165
5.3.12 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 166
5.4 Auswertung der erhobenen Daten zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit während des Chemieunterrichts 168
5.4.1 Auswertung Prätest jahrgangsübergreifend 168
5.4.2 Auswertung Posttest jahrgangsübergreifend 169
5.4.3 Auswertung Prätest Klasse 6 171
5.4.4 Auswertung Posttest Klasse 6 171

5.4.5 Auswertung Prätest Klasse 10 ... 174
5.4.6 Auswertung Posttest Klasse 10 ... 174
5.4.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend .. 176
5.4.8 Auswertung Posttest geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend .. 177
5.4.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 ... 180
5.4.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6 ... 181
5.4.11 Auswertung Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 ... 184
5.4.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10 ... 186
5.5 Auswertung der erhobenen Daten zur Bedienbarkeit von ARSnova ... 189
5.5.1 Auswertung Klasse 6 ... 189
5.5.2 Auswertung Klasse 10 ... 191
5.5.3 Auswertung jahrgangsübergreifend ... 191
5.5.3.1 Vergleich Schülerinnen – Schüler ... 192
5.5.4 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 6 ... 192
5.5.5 Vergleich Schülerinnen - Schüler Klasse 10 ... 193
5.6 Auswertung der erhobenen Daten zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova ... 194
5.6.1 Auswertung Klasse 6 ... 194
5.6.2 Auswertung Klasse 10 ... 197
5.6.3 Auswertung jahrgangsübergreifend ... 198
5.6.4 Vergleich Schülerinnen - Schüler jahrgangsübergreifend ... 199
5.6.5 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 6 ... 200
5.6.6 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 10 ... 200
5.7 Auswertung der Leistungstests ... 201
5.7.1 Auswertung Prätest Klasse 6 ... 201
5.7.2 Auswertung Posttest und Follow-Up-Test Klasse 6 ... 204
5.7.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede in Klasse 6 ... 210
5.7.3.1 Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe ... 210
5.7.3.2 Vergleich Schülerinnen der Interventions- – Schülerinnen Kontrollgruppe ... 214
5.7.3.3 Vergleich Schüler der Interventionsgruppe – Schüler Kontrollgruppe ... 218
5.7.4 Auswertung Prätest Klasse 10 ... 223
5.7.5 Auswertung Posttest und Follow-Up-Test Klasse 10 ... 226
5.7.6 Geschlechtsspezifische Unterschiede in Klasse 10 ... 231
5.7.6.1 Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe ... 231
5.7.6.2 Vergleich Schülerinnen Interventions- – Schülerinnen Kontrollgruppe Klasse 10 .. 235

5.7.5.3 Vergleich Schüler Interventionsgruppe – Schüler Kontrollgruppe Klasse 10 239
6 Diskussion der vorliegenden Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfragen 244
6.1 Auswirkungen auf das Lernklima 244
6.2 Auswirkungen auf die Lernmotivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie 248
6.3 Einfluss auf die schulbezogene Selbstwirksamkeit 252
6.4 Einschätzung der eigenen Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration 255
6.5 Einschätzung der Bedienbarkeit von ARSnova 258
6.6 Einstellung zum durchgeführten Unterricht mit ARSnova 260
6.7 Auswirkungen auf die Lernleistung 261
6.8 Gesamtdiskussion 266
7 Zusammenfassung und Ausblick 271
8 Literaturverzeichnis 274
Abbildungsverzeichnis 287
Tabellenverzeichnis 289
Anhang 302
Erklärung 320

1 Einleitung

An deutschen Hochschulen hat in den letzten Jahren der Einsatz von Student Response Systemen immer weiter zugenommen. Durch diese Systeme, für die in der Literatur auch häufig die Namen Audience Respone System (vgl. Kay & Knaack, 2009; Kibler, 2015), Clicker (Emenicke & Holme, 2012), Personal Response System (vgl. Woelk, 2008), Classroom Response System (vgl. Fies & Marshall, 2006; Kundisch, 2013) oder Electronic Voting System (Simpson & Oliver, 2007) verwendet werden, können die Studierenden aktiver in die Vorlesung einbezogen werden. So können beispielsweise über das Student Response System Fragen in den Vorlesungsalltag implementiert werden, die das Konzeptverständnis überprüfen und sichern. Durch die technischen Weiterentwicklungen stehen Student Response Systeme mittlerweile als webbasierte Browser-Apps einfach und kostenlos auf den Smartphones, Notebooks oder Tablets der Studierenden zur Verfügung. Eine kostspielige Anschaffung der früher üblichen hardwarebasierten Clicker entfällt. Zusätzlich bieten moderne Student Response Systeme häufig auch eine Feedback- oder Kommentarfunktion. Sie ermöglichen somit eine direkte Rückkopplung zum Dozenten bzw. zur Dozentin.

Die positiven Auswirkungen des Einsatzes insbesondere auf die Aufmerksamkeit (Russell et al., 2011; Hoekstra, 2008), die Mitarbeit (Landrum, 2013; Russell et al., 2011) und auf die Lernleistung (Mayer et al., 2009; King & Joshi, 2008; Hunsu et al., 2015) der Studierenden wurde in vielen Studien nachgewiesen und diskutiert. Ein Großteil der vorliegenden Studien beziehen sich jedoch auf den Hochschulbereich (vgl. Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016).

Speziell in den Naturwissenschaften hat der Einsatz von Student Response Systemen im Hochschulbereich eine lange Tradition, wenngleich dieser Einsatz im Fachbereich der Physik noch stärker ausgeprägt ist als in der Chemie (MacArthur & Jones, 2008). Die wenigen vorliegenden internationalen Studien im schulischen Bereich (vgl. Kay, 2009; Vital, 2012) zeigen durchaus, dass sich die z.T. positiven Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen an der Hochschule auf den schulischen Bereich übertragen lassen. Eine weitreichende Nutzung von Student Response Systemen im schulischen Bereich, wie es beispielsweise an amerikanischen High-Schools der Fall ist (Beatty et al., 2005) gibt es in Deutschland bisher nicht.

Vor dem Hintergrund der immer stärker werdenden Forderung nach einer Digitalisierung des Unterrichts und der zusehends besseren Ausstattung der Schulen bedarf es jedoch der gezielten Entwicklung geeigneter Einsatzszenarien und „neuer“ Formen des Unterrichtens.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde daher ein didaktisches Einsatzszenario für den Chemieunterricht in den Klassenstufen 6 und 10 unter Einsatz eines Student Response Systems unter Berücksichtigung des von Dufresne et al. (1996) entwickelten „Question Cycle“ entwickelt und im Rahmen einer Interventionsstudie untersucht.

Zum Einsatz kommt dabei das Student Response System ARSnova, das von der Technischen Universität Mittelhessen im Jahre 2002 veröffentlicht wurde, und unter dem Namen ARSnova.app als mobile Web-App kostenlos zur Verfügung steht. Der von Dufresne et al. (1996) entwickelte „Question Cycle“ bildet die Grundlage des Class Wide Discussion-Ansatzes (vgl. Kundisch, 2013), der eine geeignete Organisationsform für den Einsatz des Student Response Systems ARSnova im Chemieunterricht

darstellt und auch in der durchgeführten Studie als Organisationsform Anwendung findet. Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden zunächst ausgehend von der Medienbildung der Schulen (Kapitel 2.1) und der aktuellen Entwicklung der Ausstattungssituation der Schulen (Kapitel 2.2) Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien im Chemieunterricht (Kapitel 2.3) aufgezeigt. In Kapitel 2.4 erfolgt ein kurzer Überblick über die Funktionsweise von Student Response Systemen. Neben den drei wesentlichen Einsatzmöglichkeiten von Student Response Systemen Class Wide Discussion (Dufresne et al., 1996); Peer-Instruction (Mazur, 1997) und Question Sequence Approach (Reay et al., 2005) werden in den folgenden Kapiteln die Forschungslage zu den Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen dargestellt.

Der lernförderliche Effekt des Einsatzes von Student Response Systemen hängt maßgeblich von der Qualität der verwendeten Fragen ab, so werden in Kapitel 2.6 einige in der Literatur diskutierte Gestaltungrichtlinien zur Gestaltung angemessener Fragen vorgestellt, die auch bei der Gestaltung der in ARSnova verwendeten Fragen berücksichtigt wurden.

In Kapitel 3 wird das Untersuchungsdesign der durchgeführten Interventionsstudie vorgestellt. Neben einer kurzen Übersicht über die Planung und den Ablauf der durchgeführten Interventionsstudie (Kapitel 3.2) und der Einhaltung zentraler Gütekriterien (Kapitel 3.3) wird auch der adaptierte Einsatz des Student Response Systems ARSnova im durchgeführten Chemieunterricht nach dem „Question Cycle“ in dieser Arbeit vorgestellt (Kapitel 3.4).

Für die Durchführung der Studie wurden insgesamt mehr als 60 unterschiedliche Aufgabenstellungen unterschiedlicher Formate (Aufgaben mit freier Texteingabe; Multiple-Choice-Aufgaben) in ARSnova konzipiert und während der Studie verwendet. Sie kommen in einer Unterrichtseinheit der 6. Klasse zum Thema „Vorgänge im Teilchenmodell“ und in einer Unterrichtseinheit der 10. Klasse zu den Themen „Elektronenpaarbindungen/ zwischenmolekulare Kräfte“ zum Einsatz (siehe Kapitel 3.5) und werden in Kapitel 3.6 der vorliegenden Arbeit exemplarisch vorgestellt.

Zur Erfassung der Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf unterschiedliche Aspekte der Lernmotivation, wie die schulbezogene Selbstwirksamkeit und die Selbstbestimmung oder das Lernklima, wurden ebenso wie zur Erfassung der System Usability von ARSnova vorhandene Fragebögen ausgewählt und eingesetzt. Zur Erfassung der Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum Unterricht mit ARSnova und der Untersuchung der Auswirkungen auf die Einschätzungen der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und die Lernleistung wurden weitere Fragebögen und Leistungstest konzipiert und im Vorfeld der Studie pilotiert. In Kapitel 4 werden daher neben den aus der Literatur ausgewählten und verwendeten Erhebungsinstrumente auch die Entwicklung und Pilotierung der eigenen Erhebungsinstrumente (siehe Kapitel 4.5) und Leistungstests (Kapitel 4.6) vorgestellt.

Die Auswertung der vorliegenden Daten erfolgt in Kapitel 5 sowohl jahrgangsübergreifend als auch jahrgangsintern und unter Berücksichtigung geschlechtsspezifisch auftretender Unterschiede. Die Ergebnisse der Studien in Jahrgang 6 und 10 werden dann in Kapitel 6 hinsichtlich der aufgestellten Forschungsfragen (siehe Kapitel 2.7) diskutiert.

Den Schluss der Arbeit (Kapitel 7) bildet eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick auf weitere Forschungsfelder, die sich an diese Arbeit anschließen könnten.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Medienbildung im Unterricht

Die Ergebnisse der Jim-Studie 2018 des Medienpädagogischen Forschungsverbundes Südwest (Feierabend et al., 2018), die unter anderem die Mediennutzung von Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 19 Jahren und die mediale Ausstattung der Haushalte anhand der Befragung von 1200 Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 19 Jahren beschreibt, zeigen, dass das Smartphone, ein Computer bzw. Laptop und ein Internetzugang mittlerweile in nahezu allen Haushalten zur Verfügung stehen[1]. Auch der Einsatz und die Nutzung digitaler Medien in der Schule hat sich in den letzten Jahren, bedingt durch die technischen Weiterentwicklungen und die zusehends bessere Ausstattung der Schulen, immer weiterentwickelt.

Noch in den 1980er Jahren konnte der Computer im Chemieunterricht häufig von nur wenigen Lehrern mit guten Hardwarekenntnissen bedient werden und spielte daher nur eine untergeordnete Rolle im Unterricht (Eilks et. al., 2004). In den 1990er Jahren erhielten viele Schulen durch die Initiative „Schulen ans Netz“ Zugang zum Internet. Durch diese Anbindung sollte der Computer und speziell das Internet Einzug in den Unterrichtsalltag erhalten (Eickelmann, 2018).

Durch die weiteren technologischen Entwicklungen und die immer stärkere Bedeutung von Computern im Alltag hat die Kultusministerkonferenz (KMK) im Jahre 1995 einen Beschluss zur „Medienpädagogik in der Schule“ vorgelegt. Schülerinnen und Schüler sollten in der Schule einen sachgerechten und verantwortlichen Umgang mit neuen Medien erlernen (KMK, 1995). Für die sachgerechte Integration von neuen Medien in den Unterricht sollten medienpädagogische Qualifikationen zudem als Bestandteil in die Lehrerausbildung aufgenommen werden. Der Beschluss der Kultusministerkonferenz aus dem Jahre 1998 konkretisiert die Rolle der Medienpädagogik in der Lehrerbildung (KMK, 1998, S. 1):

„Die entscheidende Voraussetzung für die Vermittlung von Medienkompetenz an Schülerinnen und Schüler ist eine entsprechende Qualifikation der Lehrkräfte. […] Medienpädagogische Ausbildungsinhalte müssen daher integraler Bestandteil der Ausbildung für alle Schularten und in allen Fächern sein.“

So sollten zukünftige Lehrerinnen und Lehrer beispielsweise in der Lage sein, Digitale Medien angemessen in ihrem Unterricht einzusetzen, den Einsatz nach medienpädagogischen Gesichtspunkten zu planen und anschließend zu analysieren (KMK, 1998).

Im Jahre 2012 hat die Kultusministerkonferenz erneut einen Beschluss zur „Medienbildung in der Schule“ verfasst. Aufgefasst wird die schulische Medienbildung demnach als ein *„dauerhafter, pädagogisch strukturierter und begleitender Prozess der konstruktiven und kritischen Auseinandersetzung mit der Medienwelt.“* (KMK, 2012, S.3) Ziel der schulischen Medienbildung ist die ständige Erweiterung und Entwicklung der Medienkompetenz, die in nahezu allen Bereichen

[1] Weitere Informationen zur Jim-Studie 2018 finden sich unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf (zuletzt abgerufen am: 26.03.2020)

allgemeiner und beruflicher Bildung als Schlüsselqualifikation angesehen wird (KMK, 2012). Im Rahmen des Beschlusses werden Handlungsfelder der Medienbildung in der Schule, wie etwa die Formulierung fächerübergreifender Kriterien zur Medienbildung, der Vermittlung von Medienkompetenzen während der Lehrerausbildung oder des entsprechenden Ausbaus der IT-Ausstattung und des Supports der Schulen, formuliert (KMK, 2012).

Mit der im Jahre 2016 verabschiedeten KMK-Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ wird schließlich festgehalten welche Kenntnisse, Kompetenzen und Fähigkeiten Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schulzeit im Umgang mit neuen Technologien erwerben sollen (KMK, 2018). Insgesamt umfasst der Kompetenzrahmen „Kompetenzen in der digitalen Welt“ die folgenden sechs Kompetenzbereiche:

1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren
2. Kommunizieren und Kooperieren
3. Produzieren und Präsentieren
4. Schützen und sicher Agieren
5. Problemlösen und Handeln
6. Analysieren und Reflektieren

„Die Länder verpflichten sich dazu, dafür Sorge zu tragen, dass alle Schülerinnen und Schüler, die zum Schuljahr 2018/2019 in die Grundschule eingeschult werden oder in die Sek I eintreten, bis zum Ende der Pflichtschulzeit die in diesem Rahmen formulierten Kompetenzen erwerben können.“ (KMK, 2016, S. 13).

Damit die entsprechenden Kompetenzen vermittelt werden können, haben sich die Bundesländer darauf verständigt die dafür notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Zum einen soll der Erwerb der festgeschriebenen Kompetenzen nicht in einem gesonderten Fach erfolgen, sondern Aufgabe jedes Faches und somit auch des Faches Chemie sein und daher in die bestehenden Fachcurricula integriert werden. Zum anderen soll durch Verbesserung der schulische IT-Infrastruktur und die Fortbildung bzw. Qualifizierung der Lehrkräfte dafür gesorgt werden, dass digitale Lernumgebungen in den Unterrichtsablauf integriert werden (KMK, 2016).

„Ziel der Kultusministerkonferenz ist es, dass möglichst 2021 jede Schülerin und jeder Schüler jederzeit, wenn es aus pädagogischer Sicht im Unterrichtsablauf sinnvoll ist, eine digitale Lernumgebung und einen Zugang zum Internet nutzen können sollte.“ (KMK, 2016, S.6)

2.2 Ausstattungssituation der Schulen

Insgesamt bestätigen Erhebungen, dass sich die technische Ausstattung deutscher Schulen in den letzten Jahren verbessert hat, jedoch im internationalen und europäischen Vergleich nach wie vor Defizite feststellbar sind. Im Rahmen der im Jahre 2018 durchgeführten internationalen vergleichenden Schulleistungsstudie ICILS 2018 (International Computer and Information Literacy Study) wurde auch die Ausstattungssituation der an der Studie teilnehmenden Schulen erfasst (Eickelmann et. al, 2019). Die Studie zeigt beispielsweise, dass sich die durchschnittliche Anzahl an

Whiteboards verglichen mit den Daten der ICILS-Studie aus dem Jahre 2013 von 5,5 Whiteboards pro Schule auf 9,9 Whiteboards pro Schule fast verdoppelt hat (Eickelmann et. al., 2019).

Bei einer durch den Verband Bildung und Erziehung e.V. (VBE) initiierten und im Jahre 2019 durchgeführte Befragung unter Schulleiterinnen und Schulleitern zur Digitalisierung und zur digitalen Ausstattung an den Schulen, gaben 36 % der Schulleiterinnen und Schulleiter an, dass in allen Klassen und Fachräumen ein Zugang sowohl zum schnellen Internet als auch WLAN verfügbar ist (forsa, 2019)[2]. Häufig steht WLAN jedoch nur den Lehrkräften und nicht den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung. So zeigt sich im Rahmen der ICILS-Studie 2018, dass 42,2 % der befragten Schülerinnen und Schüler der 8. Klassen eine Schule besuchen an denen nur die Lehrkräfte Zugang zu einem WLAN haben. Für Schüler und Lehrkräfte steht das WLAN nur an 26,2 % der teilnehmenden Schulen zur Verfügung. Innerhalb der Vergleichsgruppe EU sind es dagegen 67,6 % der Schulen (Eickelmann et. al, 2019, S. 153). Die Studie zeigt auch, dass WLAN auch im Jahre 2018 noch nicht an allen Schulen verfügbar ist. Insgesamt bestätigt die oben angesprochene forsa-Befragung, dass auch im Jahre 2019 der Einsatz von Tablets und Smartphones im Unterricht noch nicht an allen Schulen zum Standard gehört. So gaben lediglich 34 % der Schulleiterinnen und Schulleiter an, dass es bei ihnen an der Schule Klassensätze von Tablet-PCs und Smartphones gibt. Wenngleich sich dieser Wert im Vergleich zu dem durch eine forsa-Umfrage ermittelten Wert aus dem Jahre 2014 deutlich erhöht hat.[3]

Die Ergebnisse von ICILS 2018 bestätigen, dass die Lehrpersonen mit der vorhanden schulischen IT-Ausstattung vielfach unzufrieden sind. So stimmen im Rahmen von ICILS 2018 lediglich 47,4 % der Lehrkräfte der Aussage, die eigene Schule habe eine ausreichende IT-Ausstattung (z.B. Computer), zu (Eickelmann et. al, 2019, S. 161). Im internationalen Mittel sind es dagegen 61,8 % (Eickelmann et. al, 2019, S. 161). Zudem sind lediglich 43,8 % der Lehrkräfte der Auffassung, dass die Computer an ihrer Schule auf dem neusten Stand seien (Eickelmann et. al, 2019, S. 161).

Insbesondere der Zugang zu digitalen Lernmaterialien wie Lernprogrammen oder Apps ist an deutschen Schulen anscheinend noch nicht so verbreitet und fällt im internationalen Vergleich entsprechend ab. So gaben in Deutschland im Rahmen von ICILS 2018 lediglich 30,1 % der befragten Lehrkräfte an, dass an ihrer Schule ein ausreichender Zugang zu digitalen Lernmaterialien (z.B. zu Lernprogrammen und Apps) besteht (Eickelmann et. al, 2019, S. 161). Der internationale Mittelwert ist dagegen mit 58,9 % nahezu doppelt so hoch (Eickelmann et. al, 2019, S. 161 f.).

Damit die Schulen die Schülerinnen und Schüler angemessen auf die Digitalisierung in allen Lebensbereichen vorbereiten können, werden vom Bund ab 2019 im Rahmen des „DigitalPakts Schule“ insgesamt 5 Milliarden Euro in die IT-Ausstattung und die Vernetzung der Schulen investiert. Ob durch diese Investitionen die von der KMK im Jahre 2016 formulierten Ziele, erreicht werden können, bleibt abzuwarten. Denn neben einer angemessenen Ausstattung spielen auch die Einstellungen der Lehrkräfte zum Einsatz digitaler Medien und die entsprechenden Kompetenzen beim Umgang mit

[2] Weitere Informationen zur forsa-Befragung sind unter: https://www.vbe.de/fileadmin/user_upload/VBE/Service/Meinungsumfragen/2019-04-17_forsa-Bericht_SL_Digitalisierung_Bund.pdf (zuletzt abgerufen am 20.03.2020) zugänglich.

[3] Bei der im Jahre 2014 durchgeführten Umfrage gaben lediglich 12 % der befragten Lehrkräfte an, dass es an ihrer Schule Klassensätze von Tablet-PCs und Smartphones gibt, wobei lediglich 1% der Lehrkräfte angab, dass ihre Schule in jeder Klasse mit Tablet-PCs oder Smartphones ausgestattet ist (forsa, 2014; S.8).

digitalen Medien und die angemessene Integration in den Unterrichtsablauf eine entscheidende Rolle (Lorenz, 2018).

2.3 Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht

Viele Lehrkräfte fühlen sich nach Ablauf ihres Studiums nicht ausreichend im Umgang mit digitalen Medien und die angemessene Integration in den Unterricht geschult und vermeiden daher einen Einsatz im Unterricht (Pietzner, 2014). Es ist daher sinnvoll schon während des Studiums angehenden Lehramtsstudentinnen und -studenten im Fach Chemie die Möglichkeit zu geben, sich praktisch und fachbezogen mit digitalen Medien und deren Einsatz im Unterricht auseinanderzusetzen (Krause & Eilks, 2014). Durch die rasante technische Entwicklung ist es aber notwendig, dass sich Lehrkräfte stetig fortbilden, um einen zeitgemäßen Einsatz digitaler Medien zu gewährleisten und neuere Einsatzszenarien aufzuzeigen.

Noch im Jahre 2011 kommt Flintjer (2011) zu dem Schluss, dass der Einsatz von Computern im Chemieunterricht sich in den letzten 25 Jahren nicht wesentlich verändert hat. Er bemängelt auch die didaktische Qualität der verfügbaren Lernsoftware. In den letzten Jahren haben sich durch die Einrichtung von interaktiven Whiteboards (digitale Tafeln), Tablet-Klassen und der flächendeckenden Verbreitung von Smartphones und den damit in Zusammenhang stehenden Möglichkeiten durch den Ansatz „bring your own device“ (BYOD) viele Möglichkeiten entwickelt den Computer und andere digitale Medien im Chemieunterricht einzusetzen. Besonders positiv wirkt sich der Einsatz digitaler Medien auf die Lernprozesse aus, wenn sie neben klassischen Unterrichtsmethoden verwendet werden (Hilmayr et al., 2017).

So können digitale Medien bei der Planung, Durchführung und insbesondere bei der Auswertung von Experimenten im Chemieunterricht eingesetzt werden (Sieve & Schanze, 2015).

Sollen Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht selbstständig einen Versuchsaufbau zu einem Experiment oder eine experimentelle Vorgehensweise erarbeiten, bietet beispielsweise das interaktive Whiteboard die Möglichkeit, Abbildungen der zur Verfügung stehenden Materialen zu präsentieren und so die Konstruktion der Versuchsapparatur zu erleichtern (Sieve et al., 2014)).

Gerade die Erfassung und anschließende Auswertung von Messwerten eines Experimentes im Chemieunterricht gehört schon seit Beginn des Computereinsatzes in den 70er und 80er Jahren zum traditionellen Einsatzspektrum (Eilks et al., 2004). Durch neuere technische Entwicklungen gibt es heute leicht zu bedienende Messgeräte, die beispielsweise über USB an einen Computer oder ein interaktives Whiteboard angeschlossen werden können und so Messwerte für alle Schülerinnen und Schüler für die weitere Bearbeitung und Modellierung zur Verfügung stellen. Durch die Integration weiterer Hardware können sogar Daten über Bluetooth oder WLAN an die digitalen Endgeräte der Schülerinnen und Schüler (Tablet-PCs, Smartphones etc.) oder interaktive Tafeln übertragen und anschließend ausgewertet werden (Schrader & Schanze, 2015). Umgekehrt haben die Schülerinnen und Schüler auch die Möglichkeit ihre erfassten Messwerte über Smartphones bzw. Tablet-PCs etc. über eine geeignete Software wie XC Collaboration oder den Einsatz eines Student Response Systems an eine interaktive Tafel zu übertragen und so mit anderen Mitschülerinnen und Mitschüler

auszutauschen (Sieve et al., 2015). Dadurch wird die Weiterverarbeitung beispielsweise in einem Tabellenkalkulationsprogramm erleichtert, da die Daten bereits digital vorliegen (Sieve et al., 2015).
Des Weiteren können Smartphones oder Tablet-PCs neben der Informationsbeschaffung über das Internet auch anderweitig eingesetzt werden (Williams & Pence, 2011). Gerade die neueren Smartphones verfügen über eine Reihe von Sensoren (Lichtstärkesensor, Beschleunigungssensor etc.) und Funktionen, die mit den entsprechenden Apps sinnvoll in Experimenten eingebunden werden können (Sieve, Ehlers, Struckmeier, 2015). So lassen sich beispielsweise auf einfache Weise Zeitrafferfilme von Langzeitexperimenten anfertigen oder die Schülerinnen und Schüler nutzen das Smartphone zur Dokumentation, indem sie Fotos und Videos ihrer durchgeführten Experimente oder ihres Versuchsaufbaus anfertigen (Sieve, Ehlers, Struckmeier, 2015).[4]
Durch den Einsatz von Animationen und Simulationen auf submikroskopischer Ebene können zudem chemische Prozesse visualisiert und modelliert werden. Neben der Förderung der Modellvorstellung der Schülerinnen und Schüler wird so auch das prozessorientierte Denken der Chemie gefördert (Pietzner, 2006; Sieve et al., 2017). Im Internet gibt es eine Vielzahl frei zugänglicher Ressourcen. So können beispielsweise die im Rahmen von ChiLe (Chemie interaktiv Lernen) zur Verfügung gestellten Materialien an vielen Stellen des Unterrichts sinnvoll eingesetzt werden (Pietzner, 2014). Animationen und Simulationen können außerdem auch als Ersatz eines Experimentes im Unterricht dienen, wenn zum Beispiel das Experiment aufgrund des Gefährdungspotenzials, der entstehenden Kosten oder fehlender Ausstattung nicht im Unterricht durchgeführt werden kann (Pietzner, 2006). Zudem kann der Einsatz von Simulationen im Chemieunterricht auch einen Zeitvorteil, beispielsweise bei der Durchführung von Messungen an einem virtuellen Gaschromatographen, bieten (Eilkes et al., 2004).
Mittels M*olecular Modelling* erstellte animierte, räumliche Darstellungen von Molekülen lassen sich im Chemieunterricht einsetzen, um die Vorstellung vom räumlichen Bau der Moleküle zu schulen oder den Verlauf von Reaktionsmechanismen zu visualisieren (Eilks et al., 2004).
Bereits in den 1980er Jahren gab es Lernsoftware in Form von Frage-Antwort-Schemata für das Fach Chemie (Eilks et al., 2004). Durch die weiteren technischen Entwicklungen wurden multimediale Lernumgebungen auf Basis von HTML entwickelt. Mittlerweile gibt es Lernumgebungen, die mit dem Präsentationsprogramm PREZI ohne große Programmierkenntnisse modern gestaltet werden können und im Unterricht zum individualisierten, differenzierten und kooperativen Lernen eingesetzt werden (Krause & Eilks, 2014).
Insgesamt hat der Einsatz digitaler Medien in den Schulen in den letzten Jahren zusehends zugenommen. So hat sich laut ICILS-Studie 2018 der Anteil der Lehrer, der täglich digitale Medien im Unterricht nutzt, von 9,3 % (ICILS-Studie 2013) in den letzten fünf Jahren auf 23,2 % mehr als verdoppelt (Eickelmann et al., 2019). Der Anteil liegt jedoch weiterhin signifikant unter dem internationalen Mittelwert mit einem Anteil von 47,9 % und der Vergleichsgruppe EU mit 47,6 % (Eickelmann et. al., 2019). Auch bei der mindestens einmaligen Nutzung digitaler Endgeräte pro Woche liegt Deutschland mit einem Anteil von 60,2 % der befragten Lehrkräfte unter dem internationalen

[4] Eine ausführlichere Darstellung der Möglichkeiten des Einsatzes von Smartphones im Chemieunterricht findet sich in Sieve, Ehlers, Struckmeier (2015).

Mittelwert von 78,2 % und dem Mittelwert der Vergleichsgruppe EU von 76,1 % (Eicklemann et. al., 2019).
Um den Einsatz von digitalen Medien in der Schule und speziell im Chemieunterricht in Zukunft weiter zu steigern, bedarf es neben der notwendigen technischen Ausstattung auch der gezielten Entwicklung geeigneter Einsatzszenarien und neuer Formen des Unterrichtens. Der Einsatz eines Student Response Systems unter Verwendung der digitalen Endgeräte der Schülerinnen und Schüler kann sicherlich sinnvoll in den Chemieunterricht integriert werden und einen Beitrag dazu leisten.

2.4 Student Response Systeme

Bei Student Response Systemen, für die in der Literatur auch häufig die Namen Audience Response (vgl. Kay & Knaack, 2009; Kibler, 2015), Classroom Response System (vgl. Fies & Marshall, 2006; Kundisch, 2013), Personal Response System (vgl. Woelk, 2008) oder electronic voting system (vgl. Simpson & Oliver, 2007) verwendet werden, handelt es sich um Feedback- und Abstimmungssysteme, die es ermöglichen auf einfache Weise eine Beteiligung von Schülerinnen und Schülern oder in der Regel Studierender zu ermöglichen. Seit der Einführung von Student Response Systemen in der Hochschullehre in den 1960er Jahren haben sich die Form, die Verfügbarkeit und die Funktionsfähigkeit dieser Systeme stark verändert (Hunsu et al., 2016). Zunächst handelte es sich um stationäre und in den Sitzreihen fest verankerte Systeme mit sehr komplexer technischer Ausstattung (Quibeldey-Cirkel, 2018). Das erste zuverlässige System wurde im Jahre 1985 an der Cristopher Newport University unter dem Namen Classtalk I verwendet (Kay & LeSage, 2009). Über verkabelte Eingabegeräte (engl. Clicker), die mit einem zentralen Rechner verbunden waren, konnten die Studierenden einfache Multiple-Choice-Fragen beantworten (Kundisch, 2013). Die Antworten wurden anschließend an einen Computer übertragen und gesammelt.

In den 1990er Jahren wurden zunehmend kabellose Eingabegeräte entwickelt. Diese wurden zu Beginn einer Lehrveranstaltung an die Studierenden ausgeteilt und waren per Funk- oder Infrarotübertragung über ein Empfangsgerät mit der Software auf dem Rechner des Lehrenden verbunden. Die gesammelten Antworten wurden direkt ausgewertet und über ein Histogramm mittels eines LCD-Projektors präsentiert (Burnstein & Lederman, 2001). Diese hardwarebasierten Student-Response Systeme, die in der Literatur unter dem Begriff Clicker zusammengefasst werden, werden seit der Jahrtausendwende an US-amerikanischen High-Schools, Colleges und Universitäten vermehrt eingesetzt (Quibeldey-Cirkel, 2018).
Neben den hardwarebasierten Systemen haben sich durch die weitreichende Verbreitung der Internettechnologie und WLAN in den Hörsälen und der mittlerweile flächendeckenden Verbreitung mobiler, internetfähiger Endgeräte (Smartphones, Tablets etc.) auch softwarebasierte Response-Systeme etabliert. Diese können entweder als App über die gängigen App Stores von Apple oder Google bezogen werden oder als webbasierte Browser-Apps direkt über den Internetbrowser aufgerufen werden (Software as a Service (SaaS)) (Kundisch, 2013). Viele der angebotenen softwarebasierten Lösungen sind kostenlose Eigenentwicklungen von Universitäten, die z.T. sogar unter einer Open-Source-Lizenz angeboten werden (Schwartz et. al., 2014). Zu den bekanntesten nicht

kommerziellen Systemen gehören PINGO von der Universität Paderborn, ARSnova von der Technischen Hochschule Mittelhessen und SMILE von der Universität Freiburg. Bekannte kommerzielle Systeme sind edu-Vote von der Firma SimpleSoft - Buchholz Wengst GbR oder GoSoapBox von der Firma Go Education.[5]

2.4.1 Einsatz eines Student Response Systems

Der Einsatz von Student Response Systemen hat seit den 1990er Jahren, auch durch die technische Weiterentwicklung der verfügbaren Systeme und die weniger aufwendige Implementation durch softwarebasierte Systeme, zugenommen. Bereits im Jahre 2004 wurden in den USA bereits mehr als eine Millionen Clicker in Klassenräumen verwendet (MacArthur & Jones, 2008). Die Einsatzmöglichkeiten von Student Response Systemen sind vielfältig. Sie werden eingesetzt um die Interaktion, Mitarbeit und Aufmerksamkeit der Studierenden während des Unterrichts zu erhöhen, um eine Diskussion der Studierenden untereinander zu fördern und um durch formatives Assessment sowohl den Studierenden als auch den Dozenten bzw. Dozentinnen eine Rückmeldung über den Leistungsstand zu geben. (Kay & LeSage, 2009; MacArthur & Jones, 2008). Durch die sofortige Rückmeldung der Abstimmungsergebnisse haben die Studierenden die Möglichkeit ihren eigenen Lernfortschritt im Sinne des Selbst-Monitoring direkt zu überwachen und eine Selbstbewertung vorzunehmen (Quibeldey-Cirkel, 2018). Lernkontrollen als Teil des Feedbacks helfen den Teilnehmenden ihren eigenen Lernfortschritt realistisch einzuschätzen und zu reflektieren. Sie steigern die Motivation, da die Studierenden ihren eigenen Lernprozess aktiv gestalten und steuern können (Erlemann et al., 2014). Darüber hinaus kann das Einholen von Rückmeldungen durch das Student Response System auch genutzt werden, um der Lehrkraft sinnvolle Hinweise über mögliche Fehlvorstellungen oder Verständnisschwierigkeiten zu geben und den Unterrichtsverlauf dahingehend anzupassen.

Die Studierenden können dabei ihre Antworten entweder anonym (Banks, 2006) abgeben oder das Eingabegerät ist durch eine zugewiesene Nummer personalisiert und die während der Vorlesung gegebenen Antworten werden zur Leistungsbewertung oder zur Überprüfung der Anwesenheit herangezogen (Burnstein & Lederman, 2001; Vital, 2012). Einige Studien (Burnstein & Lederman, 2001; Caldwell, 2007) zeigen, dass die Anwesenheit der Studierenden steigt, sobald die während der Vorlesung abgegebenen Antworten über das Student Response System mit einem gewissen Teil in die Abschlussergebnisse einbezogen werden. Es muss jedoch festgehalten werden, dass ein Großteil der Benutzer die anonyme Abgabe der Antworten über das Student Response System begrüßt (Draper & Brown, 2004; Kadir et al., 2013). Ein Student Response System kann auf unterschiedliche Weise in den Unterricht eingebunden werden (Chien et al., 2016). Zwei Einsatzmöglichkeiten peer-Instruction und class-wide-discussion haben dabei in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt und gehen auf den von Mazur (1997) entwickelten Peer-Instruction-Ansatz und den von Dufresne et al. (1996)

[5] Eine ausführlichere Übersicht über Anbieter von Student Response Systemen findet sich in Kundisch, 2013, S.392 oder in Quibeldey-Cirkel, 2018, S.822.

vorgestellten „Question Cycle“ zurück (Kundisch, 2013). Neben diesen beiden Ansätzen wird noch der Questions Sequence Approach von Reavy et al. (2005) in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

2.4.2 Peer Instruction

Bei peer instruction (PI) handelt es sich um eine von Erik Mazur an der Harvard University entwickelte Lehrmethode. 1991 wurde diese Methode erstmals in den Einführungsvorlesungen zur Physik an der Havard University eingesetzt und in den folgenden Jahren weiter modifiziert (Crouch & Mazur, 2001). Zu einer Lehrveranstaltung, die nach der peer instruction (PI) Methode durchgeführt wird, kommen die Studierenden bereits vorbereitet. *„In a course taught with PI, students are expected to prepare for class by reading.“* (Crouch & Mazur, 2001, S.973) Die Vorlesung ist in mehrere Abschnitte eingeteilt und beginnt mit einem kleinen thematisch abgegrenztem Impulsreferat des Dozenten bzw. der Dozentin. Anschließend wird eine Konzeptfrage in der Regel in Form einer Multiple-Choice-Frage an das Plenum gestellt. Diese wird bei Mazur (1997) als ConceptTest bezeichnet. Die Studierenden beantworten diese Frage zunächst individuell und der Dozent sammelt anschließend die Antworten. In den ersten Jahren wurden die Antworten zunächst über Handaufzeigen oder das Aufzeigen von Flashcards gesammelt, später wird hierzu ein Student Response System eingesetzt (Crouch & Mazur, 2001). Im Anschluss diskutieren die Studierenden mit ihren Sitznachbarn in kleineren Gruppen ihre Antworten - so genannte Peer Discussions- und versuchen die Anderen durch ausführliche Begründungen über die Korrektheit ihrer Antwort zu überzeugen (Kundisch, 2013). Im Anschluss an diese Phase wird erneut abgestimmt. Zum Abschluss erläutert der Dozent oder die Dozentin die Hintergründe für die Richtigkeit der entsprechenden Antwort und geht weiter zum nächsten Thema. Bei diesem Ansatz steht statt der reinen Wissensvermittlung die Beseitigung von Unklarheiten und das Ausschärfen des Konzeptverständnisses, sowie das Verknüpfen von bereits Gelerntem mit neuen Inhalten im Vordergrund (Kundisch, 2013). Auch wenn der Peer Instruction Ansatz ohne eine Student Response System durchführbar ist, so hat sich im Laufe der Zeit die Benutzung eines Student Response Systems nach dem Peer Instruction-Ansatz etabliert. (Reinhardt et al., 2012; Kundisch, 2013).

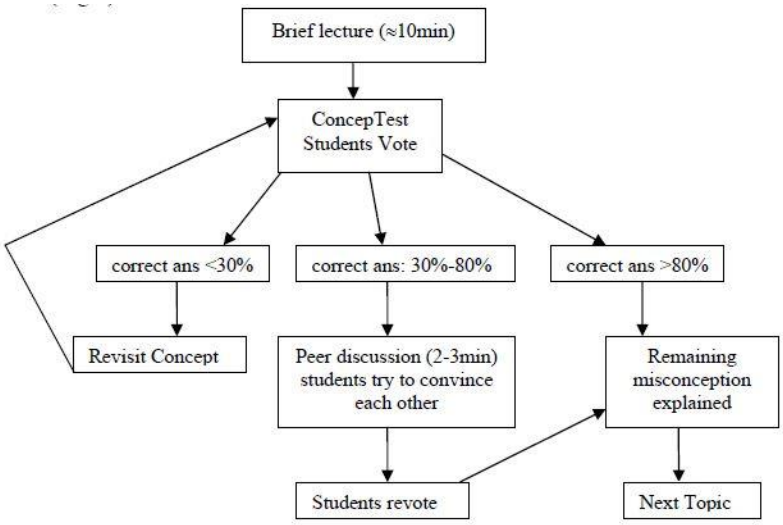


Abbildung 1: Ablauf einer Vorlesung mit Peer Instruction (Lasry, 2008)

In Anlehnung an Lasry (2008) kann innerhalb des Peer Instruction Ansatzes flexibel auf den Ausfall der ersten Abstimmung reagiert werden, so kann bei weniger als 30% richtiger Antworten das Impulsreferat vertiefend wiederholt werden und erneut individuell abgestimmt werden oder bei mehr als 80% richtiger Antworten direkt die richtige Antwort ohne Peer Discussion präsentiert werden (siehe Abbildung 1). Dieses Verfahren wird beispielsweise bei dem durch die Universität Paderborn entwickelten Student Response System PINGO (Peer Instruction for very large groups) verwendet.

2.4.3 Class Wide Discussion

Eine weitere Systematisierung des Einsatzes eines Student Response Systems wurde bereits im Jahre 1996 von der University of Massachusetts Physics Education Research Group (UMPERG) in Form des Question Cycle (siehe Abbildung 2) bei der Evaluation des Student Response Systems Classtalk I vorgenommen (Dufresne et al., 1996). *„We structure a class period around the cooperative group solution and class-wide discussion of questions. The closure of one question often leads to the presentation of another so that instruction has a cyclical quality."* (Dufresne et al., 1996, S.20)
Der Question Cycle besteht aus sieben Stufen und beginnt in der Regel mit der Auswahl und der Entwicklung von geeigneten Fragen (1). Speziell im Bereich der Physik gibt es einige Sammlungen von Fragen, die zunächst auf einfache Weise bezogen werden können (Mazur, 1997). Das Entwerfen von adäquaten Fragen für den Einsatz eines Student Response Systems benötigt jedoch etwas Zeit und Übung und die Fragen sollten wohlüberlegt in den Unterrichtsablauf integriert werden (Burnstein and Ledderman, 2001). Genauere Ausführungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Fragen befindet sich in Kapitel 2.5.

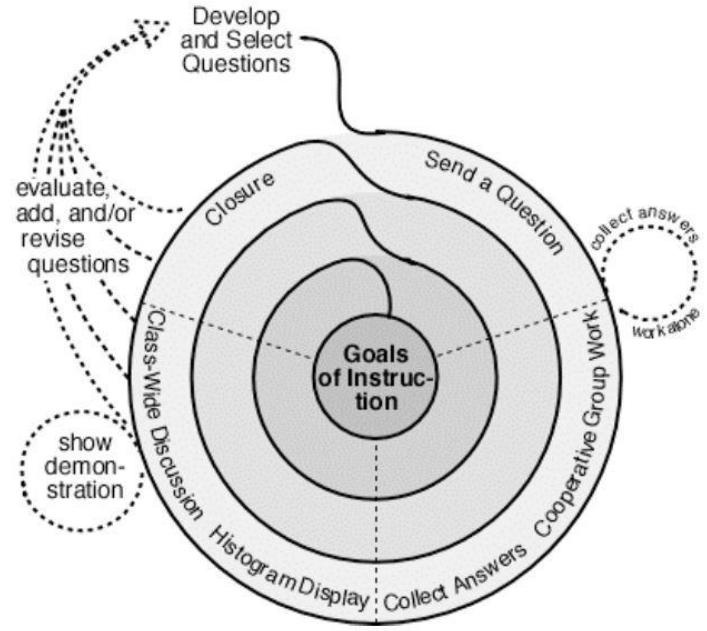


Abbildung 2: The Question Cyle (Dufresne et al., 1996)

Hat man eine geeignete Frage oder Problemstellung entwickelt bzw. ausgewählt, so wird diese den Schülerinnen und Schülern ohne Erklärung oder Einleitung präsentiert (2). Sie erhalten nun einige Minuten Zeit sich in kleineren Gruppen über die Lösung der Frage auszutauschen und zu diskutieren

(3). Im Anschluss werden die Antworten über das Student Response System abgegeben und gesammelt (4). Die Ergebnisse der Abstimmung werden in Form eines Histogramms der Klasse präsentiert (5). Während der klassenweiten Diskussion werden mögliche Erklärungen für die Richtigkeit bzw. den Ausschluss von entsprechenden Antwortmöglichkeiten von den Schülerinnen und Schülern gesammelt, ohne dass die Lehrkraft eine Bewertung vornimmt (6). Im Anschluss an die klassenweite Diskussion erfolgt die Auflösung der richtigen Antworten und die Lehrkraft kann gegebenenfalls wichtige Punkte zusammenfassen oder zusätzliche Erklärungen vornehmen. Der Zyklus wird in der Regel drei- bis viermal pro 50-60 Minuten Unterricht wiederholt (Beatty & Gerace, 2009). Mit Hilfe dieser Vorgehensweise soll die aktive Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit dem Lerngegenstand gefördert werden. *„The idea is that by having students think about and answer questions, and discuss them within small groups or as a class, their minds will engage with the material an active learning will happening."* (Beatty, 2005, S. 4)

Die University of Massachusetts Physics Education Research Group (UMPERG) hat in den folgenden Jahren nach der Evaluation des Student Response Systems Classtalk weitere pädagogische und didaktische Einsatzszenarien eines Student Response Systems erprobt. So wurde im Zeitraum von 1998-2003 der Einsatz von Student Response Systemen im Physikunterricht an High-Schools erprobt und eine sinnvolle Implementation in das Curriculum erarbeitet (A2L: Assessing-to learn Physics, U.S. National Science Foundation grant ESI-9730438) (Beatty & Gerace, 2009). Der daraus abgeleitete Ansatz „ASK -IT Assessing-to-Learn" (A2L) (Dufresne et al., 2005; Dufresne & Gerace, 2004) wurde durch den Ansatz „Question-Driven Instruction" (Beatty et al., 2006) ergänzt und durch den pädagogischen Ansatz „Technology-enhanced formative assessment" (TEFA) (Beatty & Gerace, 2009) weiter ausdifferenziert und ersetzt.

Bei technology enhanced formative assessment (TEFA) (Beatty & Gerace, 2009) handelt es sich um einen pädagogischen Ansatz für einen durch ein Student Response System gestützten naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterricht. Zur Umsetzung dieses Ansatzes wird jedoch der von Dufresne et al. (1996) verwendete Question Cycle verwendet. *„To help teachers implement the principles, TEFA specifies a particular, tangible pattern of classroom activity called the question cycle (introduced in Dufresen et al. 1996)."* (Beatty & Gerace, 2009, S.157) Dies zeigt, dass die Organisation eines Unterrichts mit dem von Dufresne et al. (1996) entwickelten Question Cycle eine geeignete Organisationsform für den Einsatz eines Student Response Systems im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellt. Im folgenden Kapitel wird der „Question Sequence Approach" genauer vorgestellt.

2.4.4 Question Sequence Approach

Dieses Einsatzszenario wurde von der State University's Physics Education Research Group entwickelt. Es geht von folgendem Ansatz aus: *„Students are presented with a three-question sequence in which all three questions focus on the same concept, but have different features."* (Reay et al., 2005, S.554). Reay et al. (2005) gehen von der Annahme aus, dass das Beantworten von lediglich einer Frage zu entsprechenden Konzepten nicht genügend Auskunft darüber gibt, ob die Studierenden in der Lage sind ihr Wissen zu verknüpfen und auf andere Sachverhalte zu übertragen (Reay et al., 2008). Die

gestellten Fragen werden in der Regel mit einem Student Response System beantwortet. An die Fragen schließt sich eine Präsentation der Ergebnisse in Form eines Histogramms und eine Diskussion an (Reay et al. 2005). Die Sequenz beginnt mit einer einfachen Frage (Warm up), die von fast allen Studierenden beantwortet werden kann und Selbstvertrauen schaffen soll (Reay et al., 2005). Bei der anschließenden Diskussion handelt es sich dann lediglich um eine kurze Erläuterung der korrekten Antwortmöglichkeit. Die zweite Frage ist vom Schwierigkeitsgrad her anspruchsvoller führt zu einem unterschiedlichen Antwortverhalten der Studenten und soll deutlich machen, dass das Konzept noch nicht von allen Studierenden vollständig erfasst wurde (Reay et al., 2005). Nach der Präsentation der Ergebnisse mittels Histogramms ist keine eindeutige Lösung erkennbar, so dass im Anschluss die Studierenden im Plenum erklären, wieso sie sich für die eine oder andere Antwortmöglichkeit entschieden haben. Es wird erneut abgestimmt, bevor die Lösung präsentiert und erklärt wird. Die dritte und letzte Frage dient der Kontrolle, ob die Studierenden das behandelte Konzept auch wirklich verstanden haben. Sie ist ebenfalls von höherem Schwierigkeitsgrad und soll das Anwenden des Gelernten fördern. Neben diesem Ansatz, der bei Reay et al. (2008) mit "easy-dfficult-difficult" bezeichnet wird, wurde eine andere Anwendung einer Sammlung von Fragen unter der Bezeichnung "rapid-fire" (Reay et al., 2008) entwickelt. Bei dieser Methode müssen die Studierenden in einer kurzen Zeitspanne von ca. 40 Sekunden nacheinander eine Sammlung von mittelschweren Fragen, die ein Konzept in verschiedenen Kontexten thematisieren, beantworten. Zwischen den einzelnen Fragen wird die Lösung der Frage präsentiert und durch den Dozenten kurz erläutert. In ihren Studien konnten Reay et al. (2005, 2008) positive Auswirkungen ihrer Ansätze zeigen. *„Data from pre/post CSEM tests and common exam questions indicate that students using voting machines […] achieved a small but significant gain in conceptual learning."* (Reay et al., 2008, S.178)

2.4.5 Auswirkungen des Einsatzes von Student Respons Systemen

Die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen wurde in mehreren Review-Artikeln (z.B. Caldwell, 2007; Fies & Marshall, 2006; Simpson & Oliver, 2007; Kay & LeSage, 2009; MacArthur, 2008) ausführlich beschrieben. Viele der Studien zu Beginn des 21. Jahrhunderts setzten ihren Fokus nicht auf die Untersuchung der Auswirkungen auf die Lernleistung, sondern auf die Einstellung der Studierenden zum Einsatz des Student Response Systems. Insgesamt zeigt sich, dass die Reaktion der Studentinnen und Studenten zum Einsatz des Student Response Systems in Vorlesungen vielfach positiv sind (Kay & LeSage, 2009; Caldwell, 2007; Fies & Marshall, 2006; Simpson & Oliver, 2007).

Diese positive Einstellung zum Einsatz von Student Response Systemen zeigt sich auch in den wenigen vorliegenden Studien, die in Schulen durchgeführt wurden (Kay & Knaack, 2009; Kay, 2019; Vital, 2012). So kommen Kay & Knaack (2009, S.390) im Rahmen der Untersuchung des Einsatzes von Student Response Systemen mit Schülerinnen und Schülern der 10. – 12. Klassen in den Naturwissenschaften zu folgendem Schluss: *„The survey data suggests that science students were moderatly positive about using ARSs,…"*

Diese positive Einschätzung des Einsatzes von Student Responses System teilen auch Schülerinnen und Schüler der Jahrgänge 4 bis 6 (Kay, 2019). Insgesamt ist die Anzahl der Studien, die den Einsatz und die Auswirkungen von Student Response Systemen an Schulen untersuchen im Vergleich zu Studien, die

an Hochschulen durchgeführt werden sehr gering. *„Although clickers are becoming popular relatively few studies have conducted research K-12.“* (Liu et al., 2017, S.606)

Neben der Einstellung zum Einsatz von Student Response Systemen werden vermehrt auch die Auswirkungen dieses Einsatzes auf verschiedene Bereiche wie beispielsweise die Mitarbeit, die Aufmerksamkeit und die Lernleistung diskutiert.

In den folgenden beiden Kapiteln wird die Forschungslage zu den Auswirkungen des Einsatzes eines Student Response Systems auf allgemeine Aspekte und die Lernleistung dargestellt.

2.4.5.1 Allgemeine Auswirkungen

Studien zeigen, dass der regelmäßige Einsatz eines Student Response Systems sich positiv auf die Anwesenheit in Vorlesungen auswirkt (Gebru et al., 2012), speziell wenn das Beantworten der Fragen in das Abschlussergebnis miteinbezogen wird (Caldwell, 2007). Burnstein & Lederman (2001) haben herausgefunden, dass die Anwesenheit dramatisch steigt, wenn das Beantworten der gestellten Fragen mit 15 % in das Gesamtergebnis miteinbezogen wird. Nach Caldwell (2007) hat der Einsatz von Clickern keinen positven Effekt auf die Anwesenheitszahlen, wenn das Beantworten der Fragen mit weniger als 5 % in das Abschlussergebnis einbezogen wird. In einer Umfrage zum Einsatz eines Student Response Systems konnte Landrum (2013) zeigen, dass 83,1% der Studenten der Meinung sind, dass der Einsatz des Student Response Systems sie ermutigt hat, regelmäßig an der Vorlesung teilzunehmen.

Gebru et al. (2012) konnten zeigen, dass die Abbrecherquote einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie in der ein Student Response System eingesetzt wurde im Vergleich zu einer klassischen Vorlesung geringer ist. In der klassischen Vorlesung haben lediglich 13,8 % der Studierenden an der Abschlussprüfung teilgenommen, bei der Gruppe mit dem Student Response Systems waren es 24,8 %. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Caldwell (2007). So ist die Abbrecherquote mit ca. 4 % bei zwei Biologiekursen, die mit einem Student Respons System unterrichtet wurden, wesentlich geringer als in den anderen beiden klassisch unterrichteten Biologiekursen mit 8,1 % bzw. 11,9 %. Häufig haben die Studierenden eine positive Einstellung zum Einsatz eines Student Response Systems und finden vielfach, dass der Einsatz auch auf andere Vorlesungen und Fächer ausgeweitet werden sollte (Gebru et al., 2012; Vital, 2012).

Durch das Beantworten von Fragen und die Diskussionen über die richtigen Antworten werden die Studierenden angehalten aktiv an der Vorlesung teilzunehmen. *„Clickers make the learning environment feel more active because students see and hear more activity than they would during a tradtional lecture.“* (Hoekstra, 2008, S.334) Dies wirkt sich positiv auf die Aufmerksamkeit und die Mitarbeit aus. Studenten und Studentinnen können sich in der Regel 20 bis 30 Minuten auf den Inhalt der Vorlesung konzentrieren, danach nimmt die Aufmerksamkeit ab (D'Inverno et al., 2003). Durch den Einsatz von gezielten Fragen, die durch das Student Response System präsentiert werden, kann die Vorlesung in kleinere Abschnitte eingeteilt werden. Dies ermöglicht den Studierenden eine mentale Pause und hilft ihnen während der Vorlesung aufmerksamer zu sein (D'Inverno, 2003; Hoekstra, 2008). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Russell et al. (2011). 76 % der Befragten gaben an, dass der Einsatz des Student Response Systems dazu beigetragen hat, dass sie während der Vorlesung

aufmerksamer waren (Russell et al., 2011), sogar 95 % der Befragten waren der Meinung, dass der Einsatz des Student Response Systems eine größere Beteiligung der Studierenden ermöglicht. Die anonyme Abgabe der Antworten mittels Student Response System spielt dabei eine entscheidende Rolle (Wit, 2003; Banks, 2006). So haben die Studierenden weniger das Gefühl von ihren Mitstudierenden oder vom Professor oder von der Professorin begutachtet zu werden. Im Rahmen ihrer Untersuchung (Hoekstra, 2008) fühlten sich lediglich 10 % der Studierenden einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie in der Lage mittels Handaufzeigen auf eine Frage der Lehrkraft öffentlich zu antworten. Das Antworten auf Fragen mittels Student Response System wurde dagegen jedoch positiv bewertet. Weitere Untersuchungen bestätigen den positiven Einfluss auf die Aufmerksamkeit und Mitarbeit der Studierenden, so konnte Landrum (2013) in einer Studie, die er mit Studenten einer Vorlesung zu Forschungsmethoden durchgeführt hat, zeigen, dass am Ende des Semester 83,4 % der Studierenden der Meinung sind, dass der Einsatz des Student Response Systems sich positiv auf ihre Mitarbeit ausgewirkt hat. Ebenfalls 81,9 % der Befragten gaben an, dass sich der Einsatz des Student Response Systems positiv auf die Aufmerksamkeit während der Vorlesung ausgewirkt hat. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Hall et al. (2005). In einer Studie mit Studierenden einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie konnten sie zeigen, dass ein großer Anteil der Studierenden der Meinung ist, dass der Einsatz des Student Response Systems positiven Einfluss auf ihr Engagement, ihr eigenes Lernen und ihre Motivation ausgeübt hat. Hall et al. (2005) führen diese positiven Einschätzungen unter anderem auf die zu Beginn jeder Vorlesung durchgeführten Quizze, das regelmäßige Beantworten von Fragen während der Vorlesung und die damit verbundenen Diskussionen untereinander zurück. Gleichzeitig zeigen sich auch positive Auswirkungen auf die Lernleistung (siehe Kapitel 2.5.4.2).

In ihrer Metaanalyse haben Hunsu et al. (2016) herausgefunden, dass der Einsatz eines Student Response Systems sich stärker positiv auf nicht kognitive Bereiche als auf kognitive Bereiche auswirkt. Anhand ihrer Untersuchung konnten sie nachweisen, dass der Einsatz eines Student Response Systems sich positiv auf die Bereiche Selbstwirksamkeit, Anwesenheit, Mitarbeit/ Partizipation und die wahrgenommene Qualität auswirkt. Keinen positiven Einfluss konnten sie auf den Bereich Interesse und Zufriedenheit nachweisen. Den größten positiven Effekt hat nach ihren Untersuchungen der Einsatz des Student Response Systems auf die Selbstwirksamkeit.

So kommen sie in ihrer Metaanalyse der Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen zu folgendem Schluss: *„The largest effect of using clickers on non-cognitive outcomes was observed für students‘ perception of self-efficacy compared to students in non-clicker groups.“ (Hunsu et al., 2016, S.110)*

Die positiven Auswirkungen auf die wahrgenommene Qualität führen sie auf das Durchführen von Diskussionen der Studierenden untereinander und auf die Möglichkeit des sofortigen Feedbacks zurück. Ebenfalls einen positiven Effekt auf die Selbstwirksamkeitserwartung konnte Roush (2016) beim Einsatz eines Student Response Systems an einer High School nachweisen. Die Ergebnisse der Studie zeigen zudem, dass sich der Einsatz des Student Response Systems besonders positiv auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Jungen auswirkt.

2.4.5.2 Auswirkungen auf die Lernleistung

Es gibt zahlreiche Studien, die die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen auf die Lernleistung untersuchen. So fanden Poirier und Feldman (2007) in einer Studie mit 865 Studentinnen und Studenten einer Einführungsvorlesung im Bereich Psychologie heraus, dass die Probanden, die in der Vorlesung ein Student Response System verwendeten, signifikant bessere Abschlussergebnisse erzielten als Probanden der Kontrollgruppe (Poirier & Feldman, 2007). Zu dem gleichen Ergebnis kommen Hall et al. (2005), die in einer Studie mit Studierenden einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie konsequent ein Student Response System einsetzten. Die Studierenden beantworten während der Vorlesung Multiple-Choice Fragen zum Lerninhalt der Vorlesung oder zu vorbereiteten Hausaufgaben und erhalten die Möglichkeit in kleineren Gruppen zu diskutieren, bevor sie abstimmen. Verglichen mit den Ergebnissen der Abschlussklausur des vorangegangenen Semesters konnten die Abschlussergebnisse signifikant gesteigert werden.

King und Joshi (2008) konnten in einer Studie, die mit Maschinenbaustudierenden einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie durchgeführt wurde, zeigen, dass Studierende, die während der Vorlesung regelmäßig Fragen über ein Student Response System beantworten, bessere Ergebnisse in der Abschlussklausur erzielen konnten als jene, die herkömmlich unterrichtet wurden bzw. das Student Response System nicht regelmäßig benutzten. Anthis (2011) vermutet, dass der Lernzuwachs nicht durch den Einsatz des Student Response Systems, sondern durch die Fragen, die über das System gestellt werden, verursacht wird. *„So it may be that the positive associations […] between clicker use and exam performance is really a function of not the clicker but the clicker question.“* (Anthis, 2011, S.189)

In einer Studie konnte Anthis (2011) zeigen, dass der Einsatz eines Student Response Systems nicht zu besseren Abschlussergebnissen führt, sofern die Kontrollgruppe ebenfalls die gleichen Fragen in der Vorlesung beantwortet. Diesem Ergebnis stehen die Untersuchungen von Mayer et al. (2009) entgegen. In einer quasi-experimentellen Studie haben sie die Ergebnisse von Studierenden, die während einer Vorlesung zur pädagogischen Psychologie mit einem Student Response System regelmäßig zwei bis vier Multiple-Choice Fragen beantworten müssen, mit den Ergebnissen von Studierenden, die entweder herkömmlich unterrichtet werden oder während der Vorlesung die gleichen Multiple-Choice Fragen beantworten müssen, wie die Gruppe, die mit dem Student Response System arbeitet, verglichen.

Mayer et al. (2009) konnten nachweisen, dass die Ergebnisse der Gruppe, die mit dem Student Response System gearbeitet hat, signifikant bessere Klausurergebnisse erzielen konnte als die beiden anderen Gruppen. Interessanterweise konnte kein Unterschied zwischen den anderen beiden Gruppen festgestellt werden (Mayer et al., 2009).

Zu ähnlichen Ergebnissen wie Anthis (2011) kommt Lasry (2008), der in einem Erstsemesterkurs zur Mechanik an einem College den peer instruction Ansatz (Mazur, 1997) erprobt. Die Studierenden erhalten während der Vorlesung drei bis vier Konzeptfragen. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht lediglich im Beantworten dieser Fragen entweder mit Hilfe eines Student Response Systems oder mit Hilfe von Flashcards. Lasry (2008) konnte keinen signifikanten Unterschied im Lernzuwachs zwischen beiden Gruppen feststellen.

Gebru et al. (2012) haben untersucht, welche Auswirkungen der Einsatz eines Student Response Systems während einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie auf die langfristige Behaltensleistung im Vergleich zum Einsatz von Online-Hausaufgaben bzw. zu einer klassischen Vorlesung hat. In ihrer Studie konnten sie keinen signifikanten Unterschied zwischen den Testergebnissen der drei Gruppen feststellen.

Vital (2012) hat den Einsatz eines Student Response Systems an einer High-School in einem Chemievorbereitungskurs für das College untersucht. Er hat die Abschlussergebnisse zweier Kurse, die in den Jahren 2009 und 2010 mit einem Student Response System unterrichtet wurden mit denen eines Kurses aus dem Jahre 2008 verglichen, der ohne den Einsatz des Student Response Systems unterrichtet wurde. Gleichzeitig hat er die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum Einsatz des Student Response Systems erfasst. Vital (2012) konnte zeigen, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler, die das Student Response System benutzt haben, in den Teilgebieten Energetik, Atomaufbau und Nomenklatur über denen der Kontrollgruppe liegen. Gleichzeitig zeigten sich keine oder kaum nennenswert bessere Leistungen in den Bereichen, die mathematische Kompetenzen erfordern, wie das Ausgleichen von Reaktionsgleichungen oder chemische Berechnungen. Die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Einsatz des Student Response Systems sind positiv, so kommt Vital (2012, S.473) zu dem Schluss: *„Students felt their learning was improved with the use of clickers even though this was not always the case. The safe and engaging learning environment created by the use of a clicker improves student beliefs of the course…“*

Diese exemplarisch vorgestellten Studien zeigen, dass die Ergebnisse der Auswirkungen des Einsatzes eines Student Response Systems vielfach nicht einheitlich sind. *„Studies that have made clicker-versus non-clicker-classroom comparsions cut across different domains of knowledge. Their mixed findings range from positive to negative effects of clicker-based technology on desirable learning outcomes in classrooms – and varied in magnitude from very small to very large effect sizes.“* (Hunsu, 2016, S.105)

Neuere Metaanalysen (Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016) versuchen daher die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen genauer zu untersuchen. Hunsu et al. (2016) können in ihrer Metaanalyse anhand der Untersuchung von 86 Studien zeigen, dass der Einsatz eines Student Response Systems einen schwachen positiven, wenngleich signifikanten Effekt auf die kognitive Lernleistung haben. Besonders positiv wirkt sich der Einsatz eines Student Response Systems auf die Abschlussergebnisse und den Bereich Wissenstransfer aus. Auf die Behaltensleistung konnten Hunsu et al. (2016) keinen Effekt anhand der untersuchten Studien feststellen. Interessanterweise zeigen sich ebenfalls keine positiven Auswirkungen, sobald die Kontrollgruppe ebenfalls die durch das Student Response System zu beantwortenden Fragen bearbeiten muss. Im Vergleich dazu hat der Einsatz eines Student Response Systems verglichen mit Kontrollgruppen, die keine äquivalenten Fragen beantworten einen positiven Effekt auf die Lernleistung. Hunsu et al. (2016, S.110) kommen daher zu folgendem Schluss: *„This result suggest that the inclusion of clicker questions (or using questioning strategies) during clicker-based instruction, and **not** the presence of the clickers by itself, might have significantly contributed towards the effects of clicker-based technologies on cognitive outcomes observed among the studies we analyzed.“*

Diese Aussage lässt sich durch die Untersuchungen von Chien et al. (2016) nicht bestätigen. In ihrer Metaanalyse untersuchen sie die Auswirkungen verschiedener Effekte beim Einsatz von Student Responses Systemen auf die Lernleistung. Sie stellen fest, dass der der Einsatz eines Student Response Systems sich gleichermaßen positiv auf die Lernleistung auswirkt, unabhängig davon ob die Kontrollgruppe ebenfalls Fragen beantwortet oder nicht. Sie führen daher an, dass die besseren Lernleistungen nicht durch das stellen zusätzlicher Fragen, sondern durch das Feedback, das die Schüler erhalten, verursacht wird. Dieser "Feedback-Interventions Effekt" wird durch das Präsentieren der Abstimmungsergebnisse in Form eines Histogramms und die Erklärungen der Antwortmöglichkeiten durch den Dozenten hervorgerufen (Chien et al., 2016). Dadurch erhalten die Studierenden Rückmeldung zu ihren eigenen Lernfortschritt und können ihren eigenen Lernprozess beobachten und regulieren. Chien et al. (2016, S.5) beschreiben den Vorteil des Student Response Systems folgendermaßen: *„A possible strength of clickers is to generate frequent performance-feddback-adjustment loops for every student in a single lecture."*

Zusätzlich zeigen ihre Untersuchungen, dass das Begründen und Erläutern der eigenen Antworten in Verbindung mit peer discussion sich besonders positiv auf die Leistung in Post-Tests auswirkt.

„Moreover, engaging students in peer discussions is found to be a very promising strategy to promote the effectiveness of clicker-integrated instruction." (Chien et al., 2016 S.15)

Dieser Ansicht sind auch Liu et al. (2017). Sie untersuchen anhand der Untersuchung von 128 empirischen Studien die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen in Abhängigkeit verschiedener Unterrichtsmethoden (Liu et al., 2017). Fast 90 % der untersuchten Studien fanden an Universitäten und Colleges statt. *„Although clickers are becoming popular relatively few studies have conducted research K-12."* (Liu et al., 2017, S.606)

In ihrer Analyse stellen sie fest, dass die Verknüpfung des Einsatzes eines Student Response Systems in Verbindung mit kooperativen Lernformen besonders lernförderlich ist. Sie kommen daher zu folgendem Schluss: *„Instructors are recommended to use cooperative learning and clickers."* (Liu et al., 2017, S.618)

Alles in allem bestätigen ihre Untersuchungen aber, dass es in der Literatur kein einheitliches Bild über die Auswirkungen von Student Response Systemen in Vorlesungen auf die Lernleistung gibt. *„… the disagreements in the literature, suggest that additional factors such as class dynamics, the instructor's style, clicker questions being graded or ungraded, or teaching content need to be taken into consideration before definitive conclusions can be reached regarding the effectiness of clickers in lectures."* (Liu et al., 2017, S.618)

2.4.5.3 Geschlechterspezifische Auswirkungen

Im Rahmen der ICILS-Studie aus dem Jahre 2018 konnte gezeigt werden, dass die Jungen in keinem Teilnehmerland über höhere computer- und informationsbezogene Kompetenzen verglichen mit den Mädchen verfügen (Eickelmann et al., 2019). Speziell für Deutschland weisen die Mädchen sogar eine signifikant höhere mittlere computer- und informationsbezogene Kompetenz auf als die Jungen (Eickelmann et al., 2019).

Hinsichtlich vorhandener digitaler Kompetenzen von Mädchen und Jungen zeigt sich die Literaturlage insgesamt jedoch uneinheitlich (Aesaert & van Braak, 2018). Viele Studien berichten jedoch davon, dass die Jungen über eine höhere Selbstwirksamkeit im Umgang mit digitalen Medien verfügen (vgl. Hatlevik et al., 2018; Zhong, 2011).

Geschlechterspezifische Untersuchungen der unterschiedlichen Nutzung und der unterschiedlichen Auswirkungen von Student Response Systemen sind sowohl im Hochschulbereich als auch im schulischen Bereich nicht weit verbreitet. So kommt Kay (2009, S.730) zu folgendem Schluss: *„To date, though, no research has been done on gender differences in the use of ICCSs[6].“*

Die vorliegenden Studien zeigen zudem kein einheitliches Bild, wie der Einsatz von Student Response Systemen von den unterschiedlichen Geschlechtern bewertet wird und ob sich der Einsatz positiver auf ein Geschlecht hinsichtlich der Beteiligung und Lernleistung auswirkt.

So kommen Cheesman & Winograd (2008), die in einer Studie die Effektivität des Einsatzes von Student Response Systemen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren untersucht haben, zu dem Schluss, dass es hinsichtlich der Wahrnehmung der Effektivität des Einsatzes von Student Response Systemen keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt.

Im Rahmen einer Studie, die den Einsatz von Student Response Systemen im Unterricht von Schülerinnen und Schülern der 9. bis 12. Klassen untersucht, konnte dagegen gezeigt werden, dass die Jungen eine signifikant positivere Einstellung zum Einsatz des Student Response Systems aufweisen als Mädchen (Kay, 2009; Kay & Knaack, 2009). Zudem schätzen die Jungen die Auswirkungen, des Einsatzes des Student Response Systems auf ihren Lernprozess deutlich positiver ein als die Mädchen (Kay, 2009). Die von Kay (2009) durchgeführte Studie liefert auch Anhaltspunkte dafür, dass speziell die Mädchen sich durch den Einsatz von Student Response Systemen im Unterricht gestresst fühlen, während die Jungen den spielerischen Weg zum Lernen oder zur Testabfrage positiv einschätzen.

Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangt Roush (2016). Die Ergebnisse der Studie zum Einsatz von Student Response Systemen an einer High-School in den 9. bis 12. Klassen zeigt, dass die Selbstwirksamkeitserwartung bei Jungen durch den Einsatz des Student Response Systems stärker zunimmt als bei den Mädchen (Roush, 2016). Sie kommt daher zu folgendem Schluss: *„Based on these findings, one can suggest that the use of clickers has a larger effect on males than females.“* (Roush, 2016, S.100) Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Mädchen sowohl vor als auch nach der Studie eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen als die Jungen.

Gok (2011) konnten im Rahmen einer Studie an einer türkischen Universität zum Einsatz von Student Response Systemen in Vorlesungen (u.a. auch Chemievorlesungen) zeigen, dass die Studenten insgesamt eine positivere Einstellung zum Einsatz des Student Response Systems haben als Studentinnen.

Zu einer etwas anderen Einschätzung kommen dagegen King und Joshi (2008), die im Rahmen einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie das unterschiedliche Nutzungsverhalten und die Auswirkungen auf die Lernleistung der Studentinnen und Studenten untersuchen. Studentinnen gaben während der Vorlesung mehr Antworten über das Student Response System ab und waren somit aktiver als die

[6] ICCS: Interactive classroom communication system

Studenten, unabhängig davon, ob die Abgabe der Antworten freiwillig erfolgte oder Teil der Leistungsbewertung war (King & Joshi, 2008). Sie kommen daher zu dem Schluss, dass Student Response Systeme im Unterricht eingesetzt werden könnten, um speziell Studentinnen bzw. Schülerinnen zu einer Mitarbeit im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermutigen und die Mitarbeit zu steigern (King & Joshi, 2008).

Kang et al. (2011) konnten ebenfalls im Rahmen ihrer Studie zum Einsatz eines Student Response Systems in einer Einführungsvorlesung zur Biologie feststellen, dass Studentinnen den Einsatz des Student Response Systems positiver bewerten als Studenten. Einen möglichen Grund für die gefundenen Unterschiede sehen sie darin, dass durch den Einsatz des Student Response Systems, die soziale Interaktion untereinander z.B. in Form von Gruppendiskussionen gesteigert wird (Kang et al., 2011).

Zu einer ähnlichen Einschätzung kommen auch Niemeyer & Zewail-Foote (2018, S.221): *„…,our women students may view the clicker more positively than men as a consequence of changes to the classroom learning environment that occured with introduction of the technology.“*

Sie haben untersucht, wie sich der Einsatz eines Student Response Systems in einer Seminarveranstaltung zur Allgemeinen Chemie mit weniger als 30 Studentinnen bzw. Studenten im Vergleich zum Einsatz in „großen“ Vorlesungen auswirkt. Sie konnten zeigen, dass viele in der Literatur diskutierten Vorteile von Student Response Systemen in „großen“ Vorlesungen (vgl. Kay & LeSage, 2009; Gebru et al., 2012; Caldwell, 2007) auch in ihrer Studie feststellbar waren. Zudem konnten sie zeigen, dass speziell die Studentinnen eine positivere Einstellung zum Einsatz des Student Response Systems haben als Studenten (Niemeyer & Zewail-Foote, 2018). Die Studentinnen sind zudem der Meinung, dass das Beantworten der Fragen über das Student Response System sich positiver auf ihre Mitarbeit ausgewirkt hat als die Studenten (Niemeyer & Zewail-Foote, 2018).

Zudem zeigt ihre Studie, dass sich der Einsatz des Student Response Systems stärker auf die Lernleistung der Studentinnen auswirkt. *„Even though woman had a lower average score than men on a pretest when entering the course, woman scored significantly higher on the standardized final, indicating that woman were performing at a higher level than their male counterparts by the conclusion of the semester.“ (*Niemeyer & Zewail-Foote, 2018; S.221)

Einen ähnlich positiven Einfluss auf die Lernleistung der Studentinnen konnten Reay et al. (2008) im Rahmen ihrer Studie des Einsatzes eines Student Response Systems in einer Physikvorlesung feststellen. Sie kommen daher zu folgendem Schluss: *„Genderspecific results showed that using voting machines reduces the gap between male an female student performances on tests: female gains were similar to those of males in voting machine lectures but were significantly smaller than those of males in non-voting machine lectures.“* (Reay et al., 2008, S.178)

Keinen Unterschied in den Abschlussergebnissen zwischen Studentinnen und Studenten konnten auch King & Joshi (2008) in ihrer Studie feststellen. Im Gegensatz zu Reay et al. (2008) zeigen ihre Ergebnisse jedoch, dass sich die aktive Beteiligung an der Vorlesung über das Student Response System bei den Studenten stärker auf die Lernleistung auswirkt als bei den Studentinnen.

Richardson & O'Shea (2013) haben in einer Studie den unterschiedlichen Einsatz des Student Response Systems iClicker von Mädchen und Jungen in einer Einführungsvorlesung Physik untersucht. Sie haben

herausgefunden, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Mädchen und Jungen in der Zeit gibt, die beide Geschlechter benötigen, um Konzeptfragen zu beantworten. Zudem nutzen Mädchen und Jungen gleichermaßen das Student Response System iClicker, um die gestellten Fragen zu beantworten, wenngleich die Jungen öfter ihre gegebenen Antworten während der Bearbeitungszeit wechseln als Mädchen. Außerdem zeigt die Studie, dass der Einsatz von peer-instruction sich gleichermaßen positiv auf beide Geschlechter auswirkt. *„[…] peer instruction enables both genders to answer more correctly and in less time, emphasizing the value of active engagement methods in the classroom.“* (Richardson & O'Shea, 2013, S. 235)

2.4.6 Einsatz von Student Response Systemen in Chemievorlesungen

MacArthur & Jones (2008) kommen in ihrem Review des Einsatzes von Student Response System im naturwissenschaftlichen Unterricht zu dem Schluss, dass die Anzahl der Publikationen über den Einsatz und die Auswirkungen von Student Response Systemen im Fach Chemie wesentlich geringer ist als in der Physik (MacArthur & Jones, 2008). *„Although the use of clickers appears widespread in chemistry classrooms, publications of results of clicker use are few in comparsion to those in physics.“* (MacArthur & Jones, 2008, S. 192)

Im Rahmen einer Bedarfsanalyse (engl.: needs assessment) im Jahre 2010 wurden Chemiedozentinnen und -dozenten an U.S.-amerikanischen Instituten unter anderem danach gefragt, welche Hilfsmittel sie in ihren Vorlesungen nutzten und ob sie diese hilfreich fänden. Als eines von neun Hilfsmitteln wurde die Benutzung von Student Response Systemen (speziell: Clicker) aufgelistet. Insgesamt haben mehr als 1500 Personen an der Befragung teilgenommen (Emenike & Holme, 2012, S. 466). 18,6 % der Befragten gaben an, dass sie Clicker benutzen und 23,2 % der Befragten fanden den Einsatz von Clickern sinnvoll (Emenike & Holme, 2012, S.467) Interessanterweise gaben nur 12,3 % der Befragten an, dass sie Clicker im Chemieunterricht einsetzen und den Einsatz gleichzeitig sinnvoll finden. Im Gegensatz dazu gaben 71 % der Befragten an, dass sie weder Clicker nutzen noch den Einsatz von Clickern sinnvoll finden (Emenike & Holme, 2012, S.467). Während die Adaption des von Mazur (1997) entwickelten Peer-Instruction-Ansatzes und der damit häufig verbundene Einsatz eines Student Response Systems im Fachbereich der Physik von vielen Dozenten praktiziert wird, hat sich der Einsatz von Student Response Systemen unabhängig vom Peer-Instruction Einsatz im Fachbereich Chemie nicht durchgesetzt (MacArthur, 2013).

Zur Beschreibung der Implementation neuer Technologien wird häufig der von Rogers (1995) entwickelte „technology adoption life cycle“ (TALC) verwendet. Nach Rogers (1995) durchläuft die Implementierung einer neuen Technologie fünf Stufen, jede Stufe stellt einen bestimmten Personenkreis dar, der bereit ist die neue Technologie einzusetzen. In Anlehnung an Moore (2014) unterscheidet man folgende Gruppen (1) Inovaters, (2) Adopters, (3) Early Majority, (4) Late Majority, (5) Laggards.

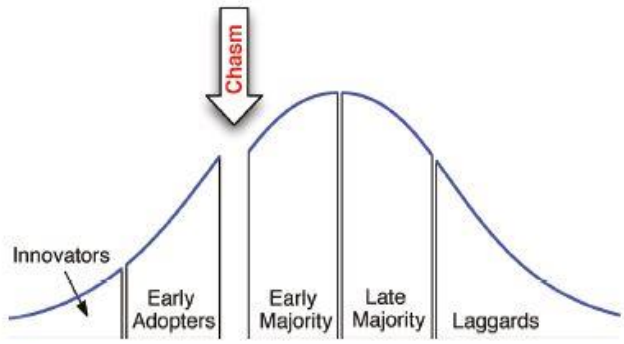


Abbildung 3: Grafische Darstellung des technology adoption life cycle (Towns, 2010, S.1318)

Bei der Implementierung eines Student Response Systems stehen beispielsweise Personen, die der Gruppe der Early Adopters zugeordnet werden, als Visionäre der neuen Technologie aufgeschlossen gegenüber und sind bereit viel Zeit und Energie in die Adaption des Student Response Systems zu stecken (Towns, 2010). Die Personen, die der Early Majority zuzuordnen sind, sind eher pragmatisch veranlagt. Sie sind bereit ein Student Response System zu nutzen, sofern es zu einer Steigerung der Lernleistung der Schüler führt, einfach in den vorhandenen Unterricht einzubinden ist, technisch zuverlässig arbeitet und zu einer Steigerung der eigenen Lehrmethode führt (Towns, 2010). Der Unterschied zwischen dem Personenkreis der Gruppe der Early Adopters und der Gruppe der Early Majority ist besonders groß. Diese Lücke (engl. chasm) (siehe Abbildung 3) zu überschreiten, entscheidet, ob eine neue Technologie von der Mehrheit angenommen und verwendet wird und sich in Zukunft etabliert. Emenike & Holme (2012) kommen zu dem Schluss, dass die Einführung von Student Response Systemen im Fachbereich Chemie noch nicht die Lücke zwischen den Early Adopters und der Early Majority überschritten hat: *„… from the needs assessment survey suggests that, in fact, the adoption of clickers ist essentially at the chasm for chemistry faculty.“* (Emenike & Holes, 2012, S.467)

MacArthur (2013) kommt zu dem Schluss, dass die Lücke durch die technische Weiterentwicklung von Student Response Systemen kleiner wird, jedoch die Weiterentwicklung nicht die hauptsächliche Motivation für die Benutzung darstellt. Er kommt zu der Annahme, dass vielleicht die fehlende Pädagogik im Umgang mit Student Response Systemen eine weitere Verbreitung des Einsatzes von Student Response System in der Chemie hemmt (MacArthur, 2013). Durch die Benutzung eines Student Response Systems haben die Lehrenden die Möglichkeit jederzeit Fragen von Studierenden beantworten zu lassen. Für ein Großteil der „pragmatischen“ Chemiedozentinnen und -dozenten ist jedoch im Vorfeld wichtig, welche Art von Fragen im Rahmen der Vorlesung gestellt werden sollten und da gibt es speziell in der chemischen Unterrichtforschung keine einheitliche Antwort. *„… the more pragmatic chemists would also like to know what kinds of questions they should be asking. The literature in chemical education does not have a clear answer to this, whereas the literature in physics education did.“* (MacArthur, 2013, S. 274) Um die Lücke zu schließen, sollten daher weitere Studien zur Erforschung des Einsatzes von Student Response Systemen im Chemieunterricht durchgeführt werden. *„Chemical education researchers should focus more on understanding what goes on in the clicker classroom instead of conducting experimental studies in which the technology use is all that changes between classrooms.“* (MacArthur, 2013, S.275)

Neuere Untersuchungen (Gibbons et al., 2017) zeigen, dass die Benutzung von Student Response Systemen in chemischen Fakultäten der USA im Vergleich zu den von Emenike & Holme (2012) erhobenen Daten nicht wesentlich zugenommen hat. In ihrer Untersuchung sind sie der Frage nachgegangen in welchen Kontexten Mitarbeiter an U.S.-amerikanischen Fakultäten ein Student Response System im Chemieunterricht der Hochschule einsetzen. In der Untersuchung von Gibbons et al. (2017) gaben 21,07 % der 1282 Befragten an, dass sie ein Student Response System im Unterricht einsetzen. Gibbons et al. (2017, S.556) kommen daher zu folgendem Schluss: *„…, we claim that the chasm has not yet been crossed, although our data do suggest that CRS use in large courses at an introductory or foundation level is closer to the 50% adoption threshold than in other contexts."*

2.5 Entwicklung von Fragen für ein Student Response System

Der Einsatz von zusätzlichen Fragen, die während der Vorlesung mittels Student Response System präsentiert werden und von den Studierenden in regelmäßigen Abständen beantwortet werden müssen, wird als einer der Gründe für die positiven Auswirkungen auf die Lernleistung diskutiert (Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016). *„Clicker questions highlight important ideas for students. […] Moreover, questions that promote high-level cognitive thinking are omitted."* (Liu et al., 2017, S.605). Der lernförderliche Effekt des Einsatzes eines Student Response Systems hängt jedoch maßgeblich von der Qualität der Fragen ab. Es sollten daher lieber wenige, jedoch qualitativ hochwertige Fragen verwendet werden (Quibeldey-Cirkel, 2018). Im Bereich der Physik gibt es eine Reihe von Aufgabensammlungen, die vielfach im Zusammenhang mit dem von Mazur (1997) entwickelten peer instruction Ansatz entwickelt und erprobt wurden und als Open Educational Resources kostenlos zur Verfügung stehen. Riegler (2012) empfiehlt diese Fragen wegen ihrer erprobten Qualität auch zu nutzen. Beatty et al. (2008) weisen jedoch darauf hin, dass die Fragen nicht effizient genutzt werden, wenn die Lehrkräfte sich nicht ihrer Ziele im Unterrichtsablauf und der Gestaltungslogik bewusst sind. Lehrkräfte, die ein Student Response System benutzen, sollten dahingehend geschult werden vorhandene Fragen sachgerecht zu evaluieren und für den eigenen Unterricht anzupassen und eigene Fragen zu entwerfen (Beatty et al., 2008). Das Entwerfen von neuen Fragen ist jedoch eine Kompetenz, die Übung erfordert und sehr zeitaufwendig ist. *„In the end, practice, testing, observation, and reflection will be the most useful guide to developing new items."* (Dufresne, 2005, S.20)

Nach Beatty (2004) sollten Fragen nicht nur einen bestimmten Lerninhalt thematisieren, sondern einen bestimmten pädagogischen Zweck im Lernprozess erfüllen. Einige Aufgaben, die eine Frage im Lernprozess erfüllen kann, sind beispielsweise das Herausarbeiten des Hintergrundwissens und Vorstellungen zu einem Thema, das Bewusstwerden der eigenen Vorstellung bzw. der Vorstellung anderer zu einem Thema, das Aufdecken und Thematisieren von Fehlvorstellungen, das Abgrenzen von zwei Konzepten, das Realisieren von Parallelen in verschiedenen Lernkontexten und das Herausarbeiten des Konzeptverständnisses (Beatty, 2004). In ihrem Review-Artikel führen Caldwell (2007) eine Reihe von weiteren empfohlenen Fragetypen auf (Dufresne et al., 2005; Witt, 2003). So können beispielsweise Fragen, die mangels Wissens nicht beantwortet werden können, zu Beginn eines Themenkomplexes verwendet werden, um die Diskussion der Schüler untereinander anzuregen (Caldwell, 2007).

Um das Konzeptverständnis zu fördern und Fehlvorstellungen sichtbar zu machen, bietet es sich an die vorhandenen Fehlvorstellungen der Studierenden als eine Antwortmöglichkeit in Multiple-Choice Fragen zu integrieren (Witt, 2003). Diese vorhandenen Fehlvorstellungen können beispielsweise aus häufigen Fehlern bei Abschlussarbeiten und Hausaufgaben oder aus vorherigen Diskussionen mit Schülerinnen und Schülern gewonnen werden (Bruff, 2009; Caldwell 2007). Bruff (2009) empfiehlt zudem das Beantworten von Fragen durch Freitextantworten mittels Student Response System einzusetzen und aus den vorhandenen Schülerantworten, die entsprechenden falschen Schülerantworten oder Fehlvorstellungen zu erhalten. Diese können beispielsweise im Vorfeld des Unterrichts durch das Beantworten eines Online Quizzes gewonnen oder durch das Beantworten von Antworten mit freier Texteingabe ad hoc während der Stunde generiert werden (Bruff, 2009).

Beatty (2004) empfiehlt das Integrieren von zusätzlichen Informationen in die Aufgabenstellung, damit die Studierenden angehalten sind selbst zu entscheiden, welche Informationen zum Lösen der Aufgabe notwendig sind.

Einige Autoren (Dufresne et al., 2005; Witt, 2003; Beatty et al., 2006) empfehlen Fragen, die von einer Reihe von Schülerinnen und Schülern fehlerhaft beantwortet werden, und daher zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Antwortverhalten innerhalb der Klasse führen, zu verwenden. Diese ermöglichen beispielsweise im Anschluss der Präsentation des Histogramms, das die gegebenen Antworten der Klasse auf eine Multiple-Choice-Frage zeigt, eine ausgiebige Diskussion innerhalb der Klasse.

Beatty et al. (2006) haben für den naturwissenschaftlichen Bereich eine differenzierte Vorgehensweise zur Entwicklung von effektiven Fragen für den Einsatz mit einem Student Response System entwickelt. *„We strongly believe that every CRS question used in class should serve an explicit pedagogic objective. […] For maximum benefit we maintain that every question should have a threefold purpose consisting of a content goal, a process goal, and a metacognitive goal.“* (Beatty et al., 2006, S.3) So werden beim Designen der Frage festgelegt, welche Inhalte des Stoffgebiets thematisiert werden sollen (“content goal“). Hier empfehlen Beatty et al. (2006) das Thematisieren von Inhalten, die das Konzeptverständnis fördern, Basiswissen thematisieren und einen Bezug zu unterschiedlichen Aspekten des Curriculums herstellen. Im weiteren Designprozess wird festgelegt über welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler für das erfolgreiche Bearbeiten der Aufgabe verfügen müssen bzw. welche Kompetenzen bei der Auseinandersetzung mit der Aufgabe angesprochen werden sollen (“process goal“). Hier geht es um eine richtige Anwendung der zuvor festgelegten Inhalte. Beatty et al. (2006) weisen darauf hin, dass in diesem Zusammenhang besonders wichtig ist, dass Studierende geschult werden eine Aufgabenstellung so zu analysieren, dass die relevanten Konzepte, die zur Lösung der Aufgabe erforderlich sind, herausgearbeitet und begründet werden. Schließlich soll beim Designen einer Frage auch festgelegt werden, welche Vorstellungen bzw. Perspektive über die Bedeutung der Naturwissenschaft und ihrer Anwendung bzw. des Lernprozesses verstärkt werden sollen (“Metacognitive goal“). Nach Beatty et al. (2006) können die zuvor festgelegten Zielsetzungen auf vier Arten des Einsatzes von Fragen in den Unterrichtsablauf erreicht werden. Durch Präsentieren der Aufgabenstellung kann die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler auf bestimmte Fakten, Sachverhalte etc. gelenkt werden. Durch die Bearbeitung der Aufgaben mittels Student Response

System werden bestimmte Kompetenzbereiche trainiert und durch das Präsentieren der klassenweiten Ergebnisse mittels Histogramm erhalten sowohl die Lehrkraft als auch die Schülerinnen und Schüler eine Rückmeldung über Gedankengänge und Fehlvorstellungen, die dann anschließend in der klassenweiten Diskussion bzw. im Vorfeld der Abgabe der Antworten durch das Student Response System diskutiert werden (Beatty et al., 2006).

Daneben gibt es einige allgemeine Gestaltungsrichtlinien bei der Gestaltung von Multiple-Choice-Fragen. So sollten in der Regel nicht mehr als fünf Antwortmöglichkeiten gegeben werden und diese sollten nicht zu lang und kompliziert formuliert sein (Robertson, 2009; Wit, 2003). Die gewählten falschen Antwortmöglichkeiten sollten nicht zu offensichtlich sein und nicht durch strategisches Ausschließen eine Erlangung der richtigen Antwort ermöglichen (Beekes, 2006).

Neben der Gestaltung von Multiple-Choice-Fragen bietet das verwendete Programm ARSnova auch das Beantworten von Fragen durch freie Texteingabe an. Nach Quibeldey-Cirkel (2018) sollten Lückentext und Kurzantworten einer Multiple-Choice-Frage vorgezogen werden, da diese in der Regel eine größere kognitive Anstrengung erfordern. In Kapitel 3.6 werden einige exemplarische Fragen und die Integration der Fragen in den Unterrichtsablauf vorgestellt.

2.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Es zeigt sich, dass es eine Vielzahl von internationalen Studien gibt, die die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen untersuchen (vgl. Vital, 2012; Lasry, 2008; Anthis, 2011). Insgesamt legen viele Studien vor dem Jahre 2008 ihren Fokus auf die Untersuchung des Einflusses auf affektive Faktoren, wie Mitarbeit, Anwesenheit, Aufmerksamkeit (vgl. Fies & Marshall, 2006; Simpson & Oliver, 2007; Caldwell, 2007; Kay & LeSage, 2009) und weniger auf die Untersuchung der Auswirkungen auf die Lernleistung im Vergleich zum herkömmlichem Unterricht (Chien et al., 2016).

Anhand der aufgezeigten Forschungslage wird der Einsatz eines Student Response Systems von den Studierenden und Dozierenden vielfach positiv beurteilt. Die Studierenden haben das Gefühl, dass sie während der Vorlesung aufmerksamer sind und ihre Mitarbeit gesteigert wird. Vielfach zeigt sich eine positive Einstellung zur Verwendung eines Student Response Systems. Ein Großteil der Studien wurde jedoch an Universitäten und Colleges hauptsächlich in den Vereinigten Staaten von Amerika durchgeführt (Liu et al., 2017, S.607). Es gibt zwar vereinzelte Studien, die Auswirkungen von Student Response Systemen im schulischen Kontext untersuchen (vgl. Vital, 2012; Kay, 2009; Roush, 2016), jedoch ist diese Anzahl sehr klein und hat im Laufe der Zeit auch nicht wesentlich zugenommen. Bereits Kay und LeSage (2009) haben in ihrem Review-Artikel festgestellt, dass von den untersuchten 61 Artikeln ein Großteil der Studien sich auf den mathematischen/naturwissenschaftlichen Bereich im Hochschulwesen beziehen. Sie kommen daher zu dem Schluss, dass für ein vollständiges Verständnis der Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen eine Ausdehnung der Untersuchungen auf den schulischen Bereich erforderlich ist. *„…the context of ARS use needs to be expanded to […] K-12 classrooms.“* (Kay & LeSage, 2009, S.826). Neuere Untersuchungen (Hunsu et al. (2016); Chien et al. (2016); Liu et al. (2017) kommen zu dem gleichen Schluss.

„More studies exploring the use of clicker-based technologies with student population in middle and high schools could contribute significantly to the growing clicker-related literature.“ (Hunsu et al., 2016,

S.116*) „Studies with high-school or elementary students are recommended to verify the generalizabilty of the findings."* (Chien et al., 2016, S. 16)

Während die Auswirkungen des Einsatzes auf affektive Faktoren vielfach nachgewiesen (Hunsu et al., 2016) wurden, ergibt sich anhand der Literatur kein einheitliches Bild der Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen auf die Lernleistung (vgl. Chien et al. (2016), Hunsu et al. (2016)). Die Gründe für die gefundenen positiven Effekte des Einsatzes von Student Response Systemen sind vielfältig.

„… so far there is no consistent and clear framework to explain why the use of clickers is effective to facilitate learning outcomes." (Chien et al., 2016, S. 4) Eine Reihe von möglichen Einflussfaktoren wird diskutiert und die positiven Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen werden durch verschiedene Faktoren unabhängig vom Novelty-Effekt[7] wie das Stellen von zusätzlichen Fragen, eine Aktivierung des Lernprozesses durch peer discussions und Feedback begründet (vgl. Mayer et al., 2009; Hunsu et al., 2016; Chien et al., 2016).

Häufig mangelt es den Studien jedoch an einem adäquaten Prä-/Post-Test-Design (vgl. Vital, 2012). Hunsu et al. (2016) haben in ihrer Metaanalyse der Auswirkungen des Einsatzes von Student Response System insgesamt 111 Studien untersucht und festgestellt, dass lediglich 20 % der Studien einen Prä-Test nutzen, um Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe im Vorfeld zu erfassen.

In Deutschland hat der Einsatz eines Student Response Systems an Hochschulen erst in den letzten Jahren zusehends Bedeutung erlangt (Quibeldey-Cirkel, 2018). Eine weitreichende Verbreitung und Nutzung von Student Response Systemen im schulischen Bereich, wie es beispielsweise an amerikanischen High-Schools der Fall ist (Beatty et al., 2005), gibt es in Deutschland bisher nicht. Dem Autor sind daher auch keine Studien an deutschen Schulen bekannt, die die Auswirkungen und die Akzeptanz des Einsatzes eine Student Respons Systems untersuchen. Die Forschungslage zeigt auch, dass der Einsatz von Student Response Systemen in Vorlesungen des Fachbereichs Chemie nicht so verbreitet ist, wie beispielsweise im Bereich der Physik. Im Rahmen dieser Dissertation sollen daher die Einsatzmöglichkeiten eines Student Response Systems im Chemieunterricht eines niedersächsischen Gymnasiums aufgezeigt und die Auswirkungen auf kognitive und affektive Faktoren untersucht werden.

Die Schülerinnen und Schüler in einem Chemieunterricht in einer Schule sind jedoch anders als Studierende in einer Vorlesung der Chemie wesentlich aktiver in das Unterrichtsgeschehen eingebunden. Das Durchführen von Schülerexperimente, Unterrichtsgesprächen, Partner- und Gruppenarbeiten gehört für sie zum Alltag. Es ist daher nicht vorherzusagen, ob der Einsatz eines Student Response Systems im Chemieunterricht den gleichen positiven Effekt auf die Mitarbeit, Aufmerksamkeit, Konzentration, Selbstwirksamkeitserwartung und Lernmotivation der Schüler ausübt, wie viele Studien mit Studierenden im Hochschulbereich zeigen. Anhand der unklaren Forschungslage über den Einfluss des Einsatzes eines Student Response Systems bietet die

[7] Durch den "novelty effect" wird eine Steigerung der Lernleistung schon alleine aufgrund der neuen Technologie erzielt (Kulik & Kulik, 1991). Je länger die entsprechende Technologie eingesetzt wird, umso weniger Einfluss hat der Effekt auf die Lernleistung (Kulik & Kulik, 1991; Kulik et al., 1985)

Untersuchung zudem die Möglichkeit Auswirkungen eines Student Response Systems auf die Lernleistung im schulischen Kontext zu untersuchen. Aus dem dargestellten Forschungstand ergeben sich folgende Forschungsfragen für die vorliegende Arbeit.

2.7 Abgeleitete Forschungsfragen

Forschungsfrage 1:

Welche Auswirkungen auf das Lernklima lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova feststellen?

Mit dieser Forschungsfrage soll herausgefunden werden, welchen Einfluss der Einsatz des Student Response Systems ARSnova auf das Lernklima innerhalb der Klasse während des Chemieunterrichts ausübt. Zudem soll der Einfluss des Einsatzes auf die Lernmotivation im Fach Chemie untersucht werden.

Forschungsfrage 2:

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Einflüsse auf die Lernmotivation feststellen?

Diese Forschungsfrage ist sehr allgemein formuliert. Insbesondere soll herausgefunden werden, welche Einflüsse der Unterricht unter Einsatz des Student Response Systems ARSnova auf die intrinsische Lernmotivation, verschiedene Faktoren der extrinsischen Motivation und der Amotivation im Chemieunterricht haben. Daraus resultiert die folgende Forschungsfrage.

Forschungsfrage 2a:

Welche Einflüsse lassen sich durch die Verwendung von ARSnova im Chemieunterricht auf die intrinsische Lernmotivation, verschiedene Faktoren der extrinsischen Lernmotivation, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie feststellen?

Des Weiteren soll überprüft werden, wie sich der Unterricht mit ARSnova auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Daraus resultiert die folgende Forschungsfrage:

Forschungsfrage 2b:

Welcher Effekt lässt sich auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova feststellen?

Neben den Auswirkungen auf die Lernmotivation und das Lernklima soll im Rahmen der Studie auch herausgefunden werden, wie sich der Einsatz des Student Response Systems ARSnova auf die Konzentration, Aufmerksamkeit und die Mitarbeit der Schülerinnen und Schüler während des Chemieunterrichts ausübt. Daraus resultiert die Forschungsfrage drei.

Forschungsfrage 3:

Welche Einflüsse lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova auf die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration der Schülerinnen und Schüler feststellen?

Das verwendete Student Response System ARSnova wurde primär für einen Einsatz in der universitären Lehre konzipiert und richtet sich in der Bedienung daher an eine etwas ältere Zielgruppe

als die der Schülerinnen und Schüler einer allgemeinbildenden Schule. Es ist daher von besonderem Interesse, ob die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind das Programm ARSnova selbstständig zu bedienen und wie die Bedienbarkeit von ARSnova im Allgemeinen eingeschätzt wird.

Des Weiteren soll im Rahmen der Studie auch untersucht werden, welche Einstellung die die Schülerinnen und Schüler zum durchgeführten Unterricht mit ARSnova haben.

Daraus resultieren die folgenden Forschungsfragen:

Forschungsfrage 4a:

Wie beurteilen die Schülerinnen und Schüler die Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova?

Forschungsfrage 4b:

Welche Einstellung haben die Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Unterricht mit dem Student Response System ARSnova?

Vor dem Hintergrund der unklaren Forschungslage zum Einfluss von Student Response Systemen auf die Lernleistung (siehe Kapitel 2.5.4.2) und die sehr geringe Anzahl an Studien im schulischen Kontext (Liu et al., 2017) ist es von besonderem Interesse, ob sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Auswirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler feststellen lassen. Im Rahmen der Studie soll die Forschungsfrage:

Forschungsfrage 5:

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Auswirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler feststellen?

Des Weiteren sollen im Rahmen der Studie auch geschlechterspezifische Unterschiede bei der Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen untersucht werden.

3 Untersuchungsdesign

3.1 Das Student Response System ARSnova

Im Vorfeld der Studie wurde ein geeignetes Student Response System ausgewählt. Die Verwendung von hardwarebasierten Systemen, die z.B. von der Firma Turning Technologies angeboten werden, wurde aufgrund der hohen Kosten für die Anschaffung eines Klassensatzes von Clickern und der im Vergleich mit softwarebasierten Systemen technischen Einschränkungen verworfen. So werden beispielsweise auf dem Clicker nicht der Fragetext und die Antwortoptionen angezeigt und die Schüler haben keine Möglichkeit Feedback zu geben oder selber Fragen an die Lehrkraft zu stellen. Unter den softwarebasierten Systemen wurden solche in Erwägung gezogen, die kostenlos verfügbar, einfach zu bedienen und direkt über den Browser erreichbar sind. Zusätzlich sollte der Anmeldevorgang für Schülerinnen und Schüler einfach, unkompliziert und ohne die Eingabe persönlicher Daten erfolgen. Letztendlich sollte das verwendete System auch über eine Möglichkeit verfügen anonym Fragen an die Lehrkraft zu stellen und während des Unterrichts Feedback zu geben, daher fiel die Wahl auf das Student Response System ARSnova.

Das Student Response System ARSnova wurde im Sommersemester 2002 an der Technischen Hochschule Mittelhessen veröffentlicht. Für die didaktische Konzeption und Entwicklung bzw. Weiterentwicklung des Systems ist ein Entwicklerteam um Professor Dr. Klaus Quibeldey-Cirkel verantwortlich. Bei ARSnova, das aktuell (Stand: 12.08.2019) unter dem Namen ARSnova.app in der Version 2.7 vertrieben wird, handelt es sich um eine mobile Web-App (Frontend: HTML5, WebSocket; Backend: Spring, CouchDB), die ohne Installation von zusätzlicher Software in den aktuellen Browsern auf beispielsweise Notebooks, Smartphones oder Tablets abgespielt werden kann. Die Anmeldung in ARSnova erfolgt über die Internetadresse http://www.arsnova.app. Hier können sich sowohl Dozierende bzw. Lehrkräfte als auch Studierende bzw. Schülerinnen und Schüler unter Auswahl des jeweiligen Symbols anmelden. In Abbildung 4 ist der Startbildschirm von ARSnova.app dargestellt. Im weiteren Verlauf soll nun die Funktionsweise und Bedienung von ARSnova sowohl aus Lehrer- als auch aus Schülersicht kurz dargestellt werden.

Abbildung 4: Startbildschirm ARSnova.app

3.1.1 Bedienung von ARSnova aus Schülersicht

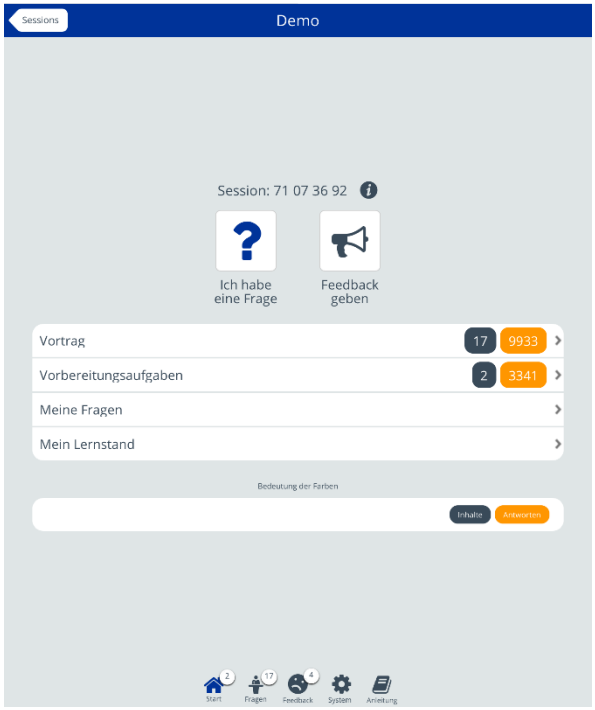
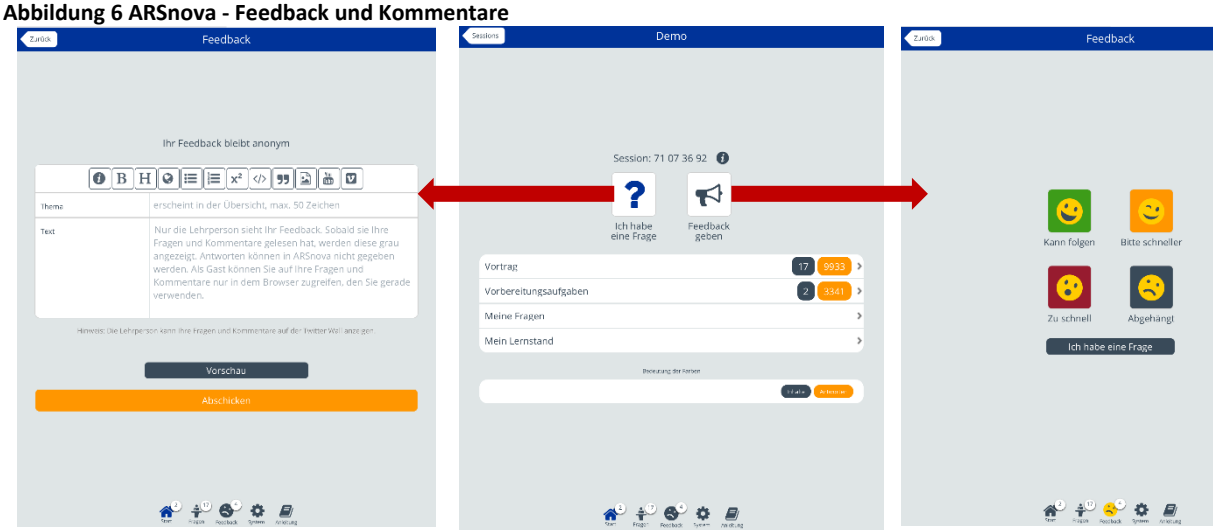


Abbildung 5: Hauptmenü ARSnova

Nach der Auswahl des Buttons „Student/in“ wird man aufgefordert den Zugangsschlüssel der Session bzw. des erstellten Unterrichtsmoduls einzugeben. Nach Eingabe des Zugangsschlüssels gelangt man anschließend zur Startseite der Session. Die Abbildung 5 zeigt die Startseite einer Demo-Session, die frei unter Eingabe des Zugangsschlüssels 71073692 verfügbar ist. Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, ist der Bildschirm in drei Bereiche eingeteilt. Im oberen Bereich gibt es zwei Symbole, die mit „Ich habe eine Frage“ und „Feedback geben“ untertitelt sind. Durch Anklicken des Symbols „Ich habe eine Frage“ haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit anonym Fragen an die Lehrkraft zu stellen und diese in textlicher Form in das entsprechende Feld einzutragen und anschließend durch Betätigen des Buttons „Abschicken“ an die Lehrkraft zu versenden (siehe Abbildung 6). Durch Anklicken des Symbols „Feedback geben“ gelangt man zur Auswahl von vier Symbolen in Form von unterschiedlichen Smileys, die zur schnellen Eingabe von Feedback, zum Lerntempo und Verständnis dienen.

Abbildung 6 ARSnova - Feedback und Kommentare



Zudem hat man auch hier die Möglichkeit durch Anklicken des Symbols „Ich habe eine Frage“ wieder in textlicher Form eine Frage zu formulieren und an die Lehrkraft zu schicken.

Im mittleren Bereich des Startbildschirms der Abbildung 5 finden sich vier wesentliche Menüpunkte. Durch Anklicken des Buttons „Vortrag“ gelangt man zu den freigeschalteten Inhalten der Session. Die schwarz hinterlegte Zahl gibt dabei die Anzahl der freigeschalteten, aber noch nicht bearbeiteten Inhalte, die orange hinterlegte Zahl die Anzahl der bereits abgegebenen Antworten an. Sofern die Inhalte bereits von der Lehrkraft für die Klasse freigeschaltet wurden, können die Schülerinnen und Schüler durch Scrollen einzelne Fragen abrufen, jedoch noch nicht beantworten. Die im oberen Bereich des Bildschirms angegebenen Nummern geben dabei an, um welche Folie es handelt. Wird die Bearbeitung einer Frage von der Lehrkraft gestartet, so erscheint im oberen Bereich ein Timer, der die restliche Bearbeitungszeit anzeigt (siehe Abbildung 7). Bei allen Fragetypen wird durch Betätigen des Buttons „Speichern“ innerhalb des vorgegebenen Zeitlimits die Antwort an das System übertragen und mit in die Wertung aufgenommen.

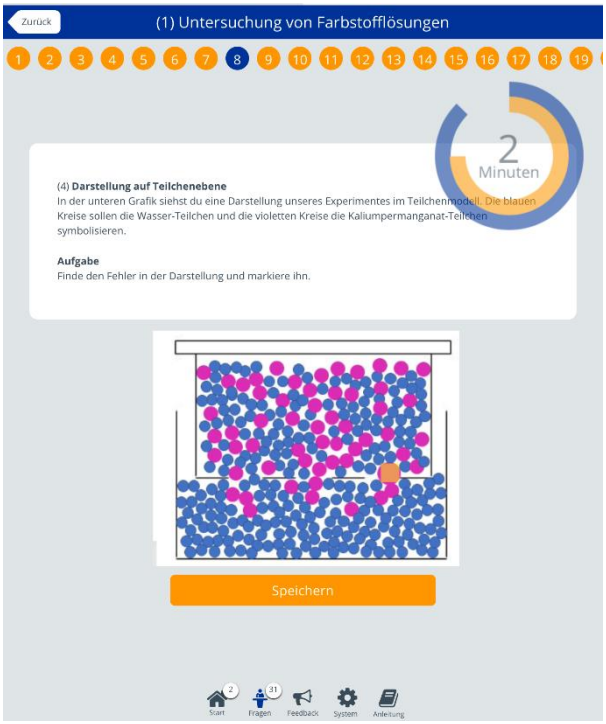


Abbildung 7: Schüleransicht - Beantworten einer Frage

Abbildung 8: Unterer Bereich des Startbildschirms

Im unteren Bereich des Startbildschirms in Abbildung 8 finden sich mehrere Symbole, die mehr oder weniger relevant sind.[8] Weniger relevant sind die beiden Symbole, die mit „Anleitung“ und „System“ untertitelt sind. Durch Anklicken des Symbols „Anleitung“ erhält man weitere Hinweise zur Bedienung von ARSnova in Form von Texten, Bildern und Videos. Das Anklicken des Symbols „System“ liefert Informationen zum verwendeten Browser, zur Statistik und zur Version von ARSnova und bietet die Möglichkeit ARSnova bei etwaigen Problemen neu zu laden oder den Account zu löschen. Wichtiger sind die drei anderen Symbole, die mit „Start“, „Fragen“ und „Feedback“ untertitelt sind. Das Feedback-Symbol zeigt die Anzahl der Personen an, die Feedback abgegeben haben. Der Ausdruck des dargestellten Smileys gibt einen Überblick über das durchschnittlich abgegebene Feedback. Durch Anklicken des Symbols gelangt man wieder in das Feedback-Menü so wie es bereits oben beschrieben wurde. Die Zahl über dem Symbol „Fragen“ zeigt die Anzahl der freigegebenen Fragen an. Durch Anklicken des Symbols gelangt man zu den entsprechenden Fragen. Durch Anklicken des Symbols „Start“ gelangt man wieder zum Startbildschirm.

3.1.2 Bedienung von ARSnova aus Lehrersicht

Die Bedienung des Student Response Systems ARSnova soll in den folgenden beiden Unterkapiteln aus Lehrersicht dargestellt werden. Zunächst wird kurz auf die Möglichkeiten der Erstellung eines

[8] Die Abbildung 8 zeigt eine Vergrößerung des unteren Bereichs des Startbildschirms.

Unterrichtsmoduls mit unterschiedlichen Fragetypen im Vorfeld des Unterrichts eingegangen und anschließend die Bedienung während des Unterrichts dargestellt.
Das Student Response System ARSnova bietet eine Reihe unterschiedlicher Frageformate. Als Frageformate stehen folgende Fragetypen zur Verfügung[9]:

- Multiple-Choice- und Single-Choice-Fragen
- Evaluationsfragen mit 5-stufiger Likert-Skala
- Fragen mit Antworten in freier Texteingabe
- Benotungsfragen (Schulnoten werden als Antwortmöglichkeiten vorgegeben)
- Rasterbasierte Bildfragen

3.1.2.1 Erstellen einer Session und Einbinden von Fragen

Um ein Unterrichtsmodul zu erstellen und anschließend zu speichern, muss man sich bei ARSnova mit einer beliebigen E-Mailadresse registrieren. Nach Auswahl des Buttons „Dozent/in“ und erfolgreicher Eingabe der Zugangsdaten erscheint zunächst eine Übersicht über die bisher angelegten Unterrichtsmodule (Sessions). Durch Auswahl des Buttons „Neue Session anlegen“ kann ein neues Unterrichtsmodul mit den entsprechenden Funktionen und Fragetypen angelegt werden. Dieser Vorgang ist in der Abbildung 9 in Form eines Diagramms dargestellt. Nach Eingabe einer Bezeichnung für das Unterrichtsmodul können die verwendeten Frageformate und Funktionen je nach Unterrichtseinsatz festgelegt werden (siehe Abbildung 9).

[9] Diese Informationen wurden dem Internetauftritt des Projekts ARSnova unter https://arsnova.thm.de/blog/projekt/ (abgerufen am: 12.08.2019) entnommen.

Abbildung 9: Erstellen einer Session in ARSnova

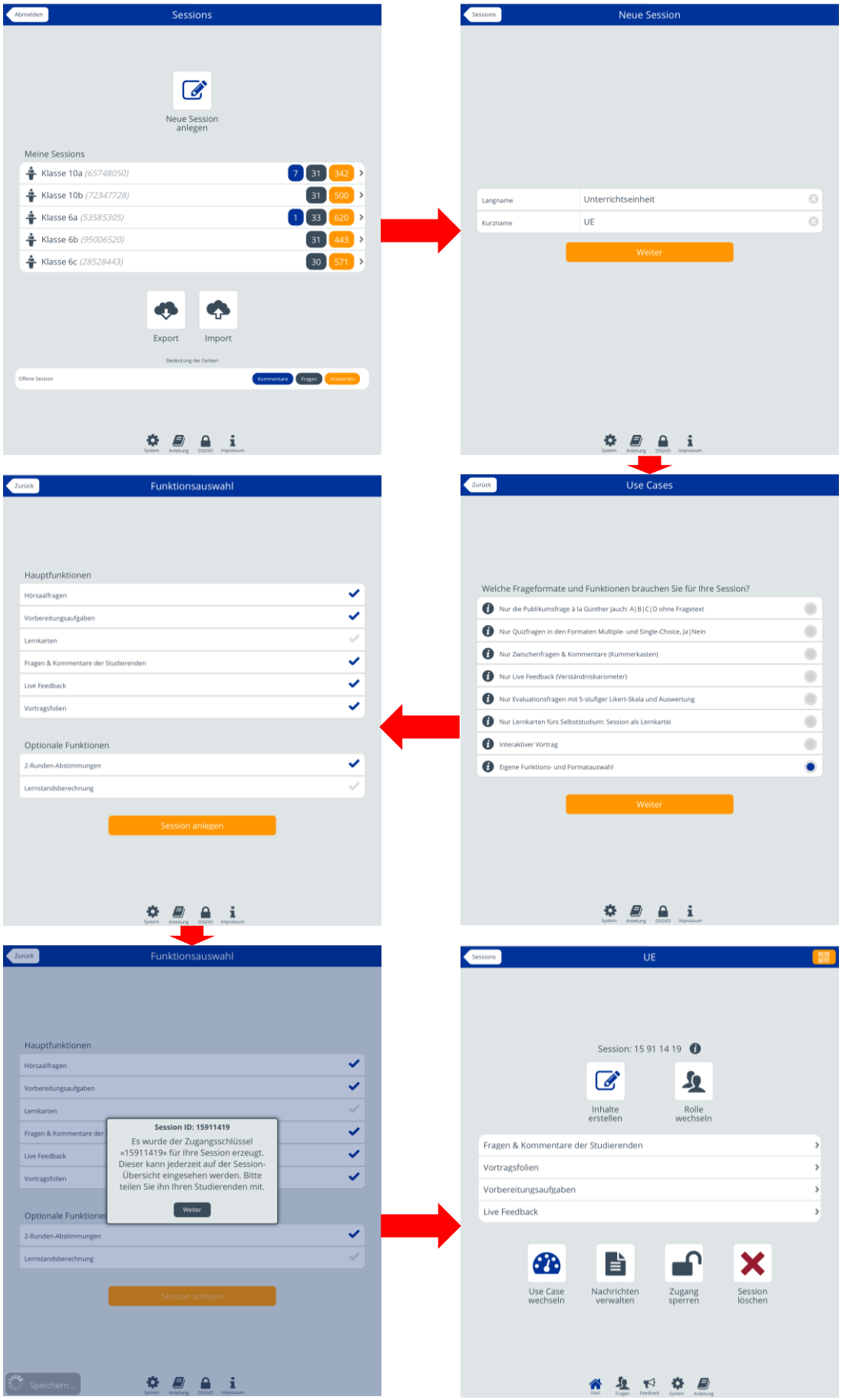


Abbildung 10: Inhalte erstellen - Vortragsfolien

Im Rahmen der Gestaltung der in der Studie verwendeten Unterrichtsmodule wurde eine eigene Funktions- und Formatauswahl getroffen. Auf eine Verwendung von Lernkarten wurde im Rahmen der Studie ebenso verzichtet, wie auf die Berechnung des Lernstandes.[10] Im Anschluss der Festlegung wird eine 8-stellige Session Identifikationsnummer zugeteilt, die im weiteren Verlauf an die Schülerinnen und Schüler weitergegeben werden kann. Nach dem Anlegen und der Auswahl der Session können nun die einzelnen Inhalte der Session konzipiert werden. Durch Anklicken des Buttons „Inhalte erstellen“ (siehe letzte Folie in Abbildung 9) gelangt man in ein Menü, das es erlaubt aus den vorhandenen Fragetypen auszuwählen und die entsprechende Frage zu erstellen. Die Auswahl der möglichen Fragetypen ist in Abbildung 10 innerhalb der grauen Auswahlleiste möglich. Zudem können vorhandene Fragen importiert oder neu erstellte Fragen dupliziert werden. Die in Abbildung 10 dargestellten Felder zur Eingabe eines Themas oder Textes, sowie die Menüleiste, deren Vergrößerung in Abbildung 11 dargestellt ist, finden sich bei der Erstellung aller Fragetypen. Das Student Response System ARSnova verwendet die vereinfachte Auszeichnungssprache Markdown und deren Erweiterung Github Flavored Markdown. Um die Auszeichnung von Text zu vereinfachen, werden die häufig verwendeten Markdown-Optionen in Form der bereits erwähnten Schaltflächen in einer Menüleiste angeboten. So können beispielsweise Überschriften deklariert, Texte nummeriert oder Bilder, Zitate und Videos eingebunden werden.

Abbildung 11: Inhalte erstellen - Menüleiste

[10] Die Berechnung des Lernstandes ist für Freitextantworten nicht praktikabel, da das Programm nur vorher festgelegte Musterlösungen abgleicht. Die Schülerantworten müssen wortwörtlich mit der Musterlösung übereinstimmen um vom Programm als richtige Lösung erkannt zu werden.

Durch Anklicken des Buttons Vorschau wird eine Vorschau der erstellten Frage angezeigt. Je nach Auswahl unterscheidet sich der Eingabebildschirm von Fragetyp zu Fragetyp. In der Abbildung 11 ist exemplarisch der Eingabebildschirm zur Erstellung einer Multiple-Choice-Frage dargestellt. In das Feld „Thema“ kann ein Oberthema festgelegt werden, da alle Folien mit dem gleichen Oberthema zusammengefasst und sortiert werden. Für die Studie wurden als Oberthemen einfach die Doppelstunden durchnummeriert und das Stundenthema angegeben. Beispielsweise wurde für die Studie in den 6. Klassen für die erste Doppelstunde das Thema: „(1) Untersuchung von Farbstofflösungen“ gewählt und die Fragen unter diesem Thema zusammengefasst (siehe Abbildung 15). In das Feld „Thema“ können verschiedene Texte direkt eingetragen und über die Menüleiste bearbeitet und durch Bilder, Videos etc. ergänzt werden. Bei der Gestaltung einer Multiple-Choice-Frage können nun zusätzlich noch zwei bis acht Antwortoptionen formuliert werden. Zusätzlich hat man die Möglichkeit eine Enthaltung zu ermöglichen und Lösungshinweise anzugeben. Aufgrund der vielseitigen Fragemöglichkeiten und der damit im Zusammenhang stehenden Komplexität des Programms wird im weiteren Verlauf nicht dezidiert auf die Erstellung von weiteren Fragen eingegangen. In Kapitel 3.6.2 werden einige Fragen, die in den Unterrichtsmodulen der Studie in den Klassenstufen 6 und 10 zum Einsatz kommen, vorgestellt.

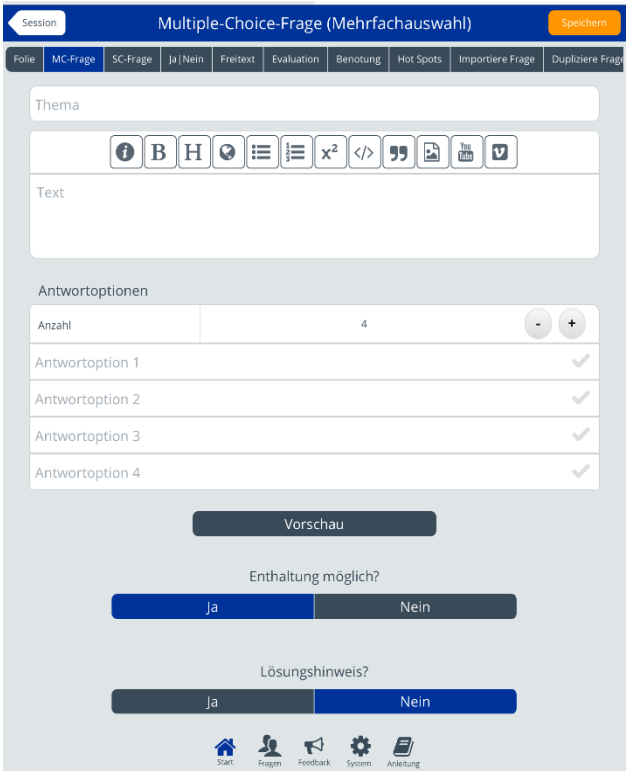


Abbildung 12: Inhalte erstellen – Multiple-Choice-Frage

3.1.2.2 Benutzung von ARSnova während des Unterrichts

Im Anschluss an die Erstellung einer Session und die Integration der entsprechenden Fragen kann die Session während des Unterrichts benutzt werden. Zu Beginn der Unterrichtseinheit bzw. der Unterrichtsstunde erhalten die Schülerinnen und Schüler den Zugangsschlüssel und melden sich wie bereits in Kapitel 3.1.1 dargestellt bei ARSnova an. Als Lehrkraft kann man nun ausgehend vom Startbildschirm der ausgewählten Session verschiedene Funktionen von ARSnova nutzen. Der Startbildschirm aus Lehrerperspektive unterscheidet sich dabei in einigen Punkten von der bereits in Kapitel 3.1.1 dargestellten Schüleransicht. In Abbildung 13 ist der Startbildschirm des Unterrichtsmoduls einer 6. Klasse aus Lehrersicht dargestellt. Im oberen Bereich des Startbildschirm finden sich drei Buttons, die mit „Vortrag halten“, „Inhalte erstellen“ und „Rolle wechseln“ untertitelt sind. Durch Auswahl des Buttons „Rolle wechseln gelangt“ man in die Schüleransicht, durch Auswahl des Buttons „Inhalte erstellen“ gelangt man in das Untermenü zur Erstellung von Fragen etc. und durch Auswahl des Buttons „Vortrag halten“ können die Fragen in den Unterricht bzw. Vortrag eingebunden werden.

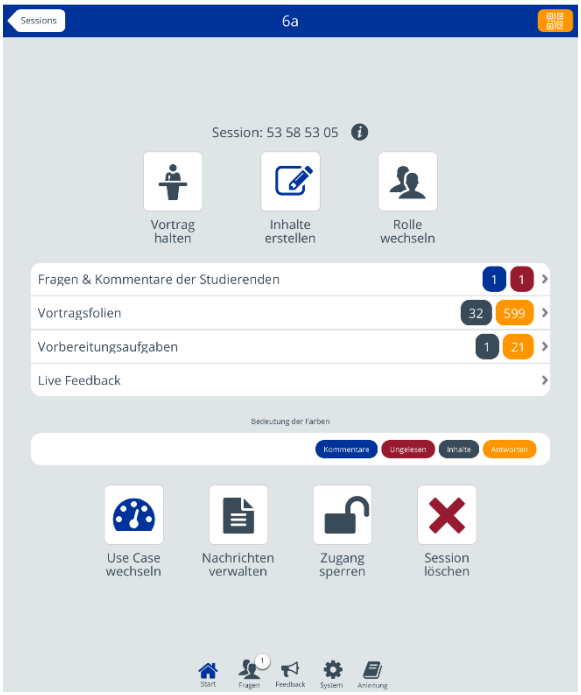


Abbildung 13: Startbildschirm - Lehreransicht

Im mittleren Bereich des Bildschirms finden sich weitere wesentliche Menüpunkte. Durch Auswahl des Menüpunktes „Fragen & Kommentare der Studierenden“ können während des Unterrichts von Schülern und Schülerinnen bzw. Studierenden gestellte Fragen eingesehen werden (siehe Abbildung 14). Die farbig angegebenen Zahlen hinter den Menüpunkten haben unterschiedliche Bedeutungen. Eine entsprechende Erläuterung der verwendeten Farben findet sich zur Übersicht unter den vier Menüpunkten. So bedeuten beispielsweise die blau hinterlegte Zahl 1 hinter dem Menüpunkt „Fragen & Kommentare“, dass ein Kommentar bzw. eine Frage von Schülern bzw. Schülerinnen verfasst wurden und die rot hinterlegte Zahl gibt an, dass dieser von der Lehrkraft noch nicht gelesen wurde. Durch Auswahl der Menüpunkte „Vortragfolien“ bzw. „Vorbereitungsaufgaben“ gelangt man zur Übersicht der erstellten Fragen und kann diese aus diesem Menü auch bearbeiten (siehe Abbildung 14). Durch Auswahl des Menüpunktes Live Feedback wird das abgegebene Live-Feedback in Form eines Histogramms dargestellt (siehe Abbildung 14).

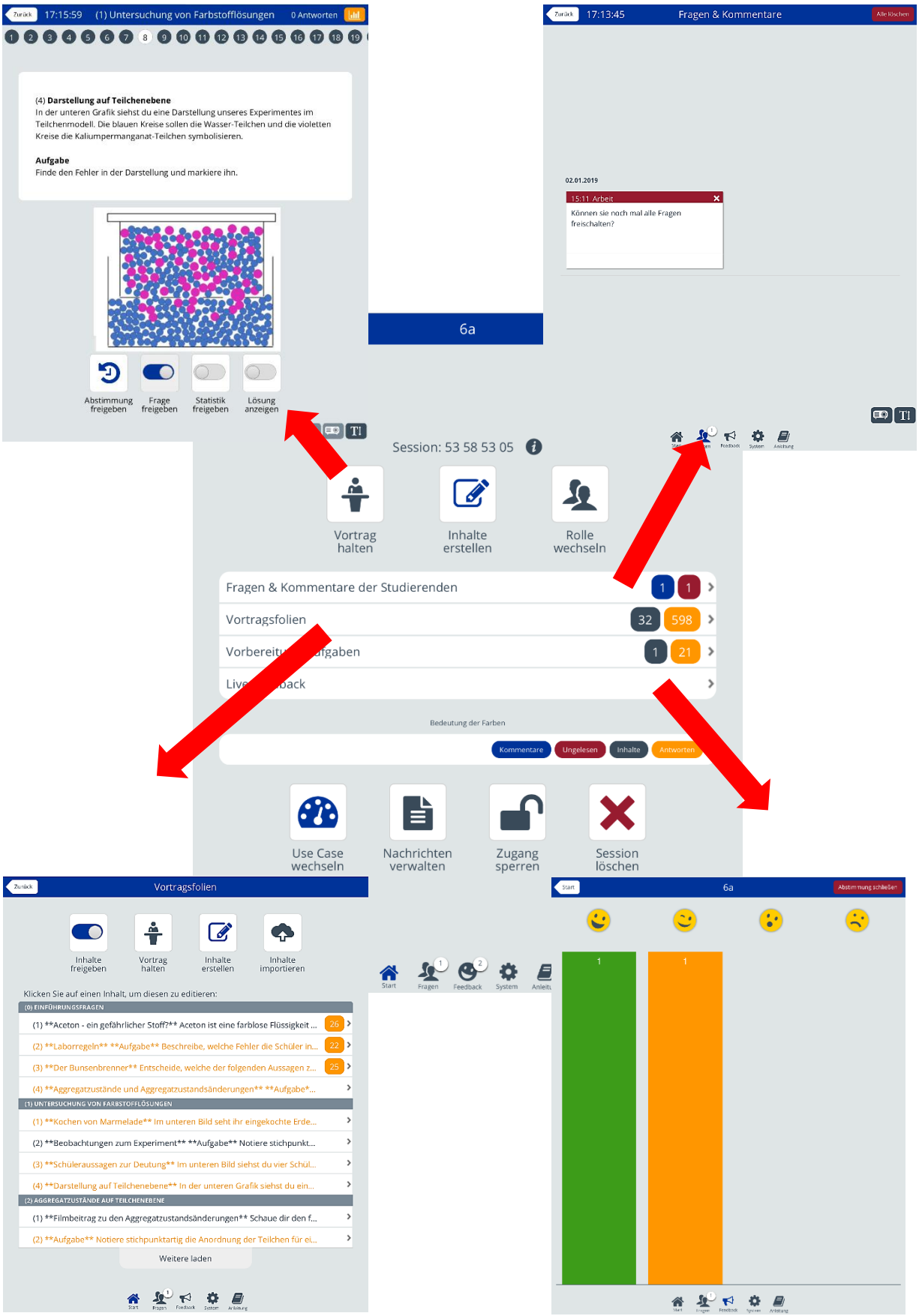


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Auswahl verschiedener Inhalte aus dem Startbildschirm

Der untere Bereich des Startbildschirms unterscheidet sich nicht wesentlich von der Ansicht aus Schülersicht. Durch Auswahl des Buttons „Fragen“ können von Seiten der Lehrkraft sofort Kommentare und Fragen der Schülerinnen und Schüler eingesehen werden, analog zur Auswahl des Menüpunktes „Fragen & Kommentare der Studierenden“. Gleiches gilt für die Auswahl des Buttons „Feedback“. Hier gelangt man zur Ansicht des abgegebenen Feedbacks analog zur Auswahl des Menüpunktes „Live-Feedback“. Wie bereits angesprochen, können durch die Auswahl des Buttons „Vortrag halten“ die erstellten Inhalte in den Unterricht eingebunden werden. Hat man eine entsprechende Frage ausgewählt, wie in Abbildung 15 dargestellt, so kann die Frage über das untere Auswahlmenü freigegeben werden. Durch diese Auswahl wird die Frage für alle Schüler auf ihrem digitalen Endgerät sichtbar. ARSnova bietet dem Vortragenden hier noch weitere Auswahlmöglichkeiten. Durch Auswahl des Buttons „Abstimmung freigeben“ kann die Abstimmung gestartet und ein entsprechendes Zeitlimit festgelegt werden. Zudem bietet sich die Möglichkeit, im Anschluss an die Bearbeitung die Statistik und die Lösung für die Schülerinnen und Schüler freizuschalten. Im oberen Bereich des Bildschirms hat der Vortragende zudem die Möglichkeit, die Anzahl der bisher abgegebenen Antworten einzusehen und über den orangen Button rechts daneben (siehe Abbildung 15) weitere Informationen (Histogramm der Abstimmung; Textantworten der Schülerinnen und Schüler) abzurufen.

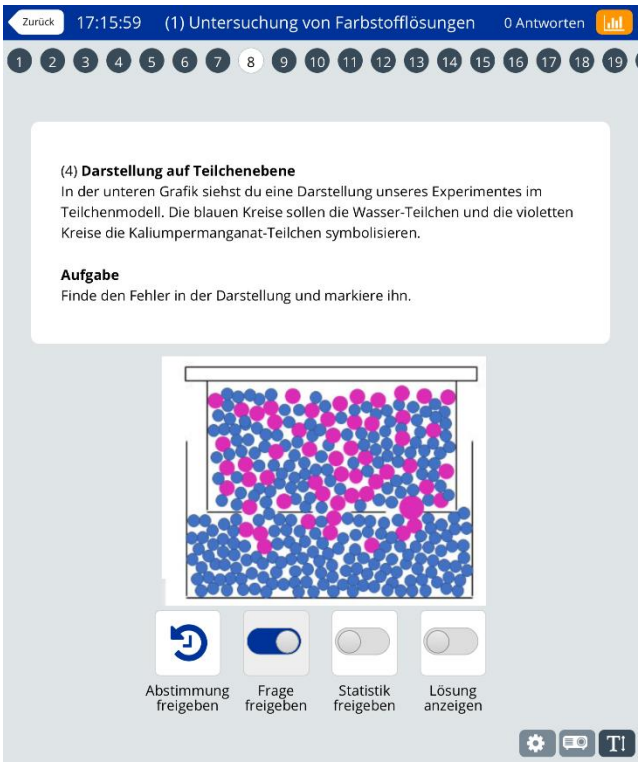


Abbildung 15: Auswahl und Start der Abstimmung

3.2 Planung und Ablauf der Studie

Im Herbst 2017 wurde ein Gymnasium in Braunschweig festgelegt, an dem die Studie durchgeführt werden sollte. Es haben sich drei Lehrerinnen bereit erklärt an der Hauptstudie mitzuarbeiten.

An der beteiligten Schule sollten in zwei Jahrgangsstufen jeweils vier Klassen an der Untersuchung teilnehmen. Ausgewählt wurden die 6. und die 10. Jahrgangsstufe, um mögliche Unterschiede, die sich aufgrund des unterschiedlichen Alters der Schülerinnen und Schüler in den erhobenen Daten wie z.B. in der Bewertung der Bedienbarkeit von ARSnova oder der Meinung zum Unterricht mit ARSnova ergeben, aufzuzeigen. Im Schulalltag ist es schwierig vorhandene Klassengefüge zu verändern, um eine Randomisierung vornehmen zu können. Es wird daher auf die vorhandenen Schulklassen zurückgegriffen. Innerhalb eines Jahrgangs werden jeweils zwei Klassen als Treatment- und als Kontrollgruppe fungieren, wobei die Treatmentgruppe während des Chemieunterrichts das Student Response System ARSnova benutzt und die Kontrollgruppe herkömmlich unterrichtet wird. Es handelt

sich folglich um eine quasi-experimentelle Studie. Zur Steigerung der internen Validität der Studie müssen sowohl Techniken zur Kontrolle personengebundener als auch Techniken zur Kontrolle untersuchungsbedingter Störvariablen eingesetzt werden (Bortz und Döring, 2016).

Die Studie ist daher so angelegt, dass immer jeweils eine Lehrkraft sowohl eine Kontroll- als auch parallel eine Treatmentgruppe einer Jahrgangsstufe unterrichtet. Durch das gewählte Prä-/Posttestdesign kann sichergestellt werden, dass auftretende Effekte auch tatsächlich aus der Intervention resultieren und nicht schon durch im Vorfeld der Studie vorliegende Unterschiede in den Gruppen verursacht werden. Zusätzlich werden die auftretenden Effekte nicht nur jahrgangsübergreifend, sondern für jede Jahrgangsstufe separat untersucht und ausgewertet. Die konzipierten Unterrichtsreihen sind hinsichtlich der Themenabfolge und der zu verwendenden Arbeitsblätter normiert und zeitlich so abgestimmt, dass sie innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters innerhalb von sechs Doppelstunden durchgeführt werden können. Es ist vorgesehen, dass zwischen dem Durchführen von Prätest, der darauffolgenden Unterrichtseinheit und dem Posttest keine Ferien liegen. Die Zuordnung von Treatment- und Kontrollgruppe innerhalb eines Jahrgangs erfolgte zufällig. Die technischen Voraussetzungen zur Durchführung der Unterrichtseinheit mit dem Student Response System ARSnova werden im Rahmen der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten ebenfalls standardisiert. Die während der Studie genutzten Unterrichtsräume verfügten alle über einen stationären PC mit Beamer und eine Dokumentenkamera. Die Schülerinnen und Schüler der Treatmentgruppe arbeiten während des Unterrichts mit einem digitalen Endgerät (Smartphone, Tablet etc.), das sie in der Regel selber mitbringen (BYOD). Schülerinnen und Schüler, die kein eigenes digitales Endgerät besitzen oder es nicht zum Unterricht mitbringen, erhalten im Rahmen der Studie ein Tablet oder Smartphone mit dem sie arbeiten können. Es ist vorgesehen, dass immer höchstens zwei Schüler an einem digitalen Endgerät arbeiten. Im Vorfeld der Studie wurden die teilnehmenden Lehrkräfte über den Unterrichtsgang und den Ablauf der Studie informiert. Ein entsprechendes Zeitfenster für die Durchführung wurde festgelegt. In einer darauffolgenden Sitzung erhielten die Lehrkräfte eine Einweisung in die Funktionen und Bedienung von ARSnova und einen Überblick über die Fragen, die in ARSnova verwendet werden. Im Anschluss an die Unterrichtsreihe werden die beteiligten Lehrkräfte interviewt, um Erfahrungen im Umgang mit ARSnova zu sammeln und etwaige Unterschiede zum herkömmlichen Unterricht herauszustellen. Einen groben Überblick über den zeitlichen Ablauf des Projekts liefert die folgende Abbildung.

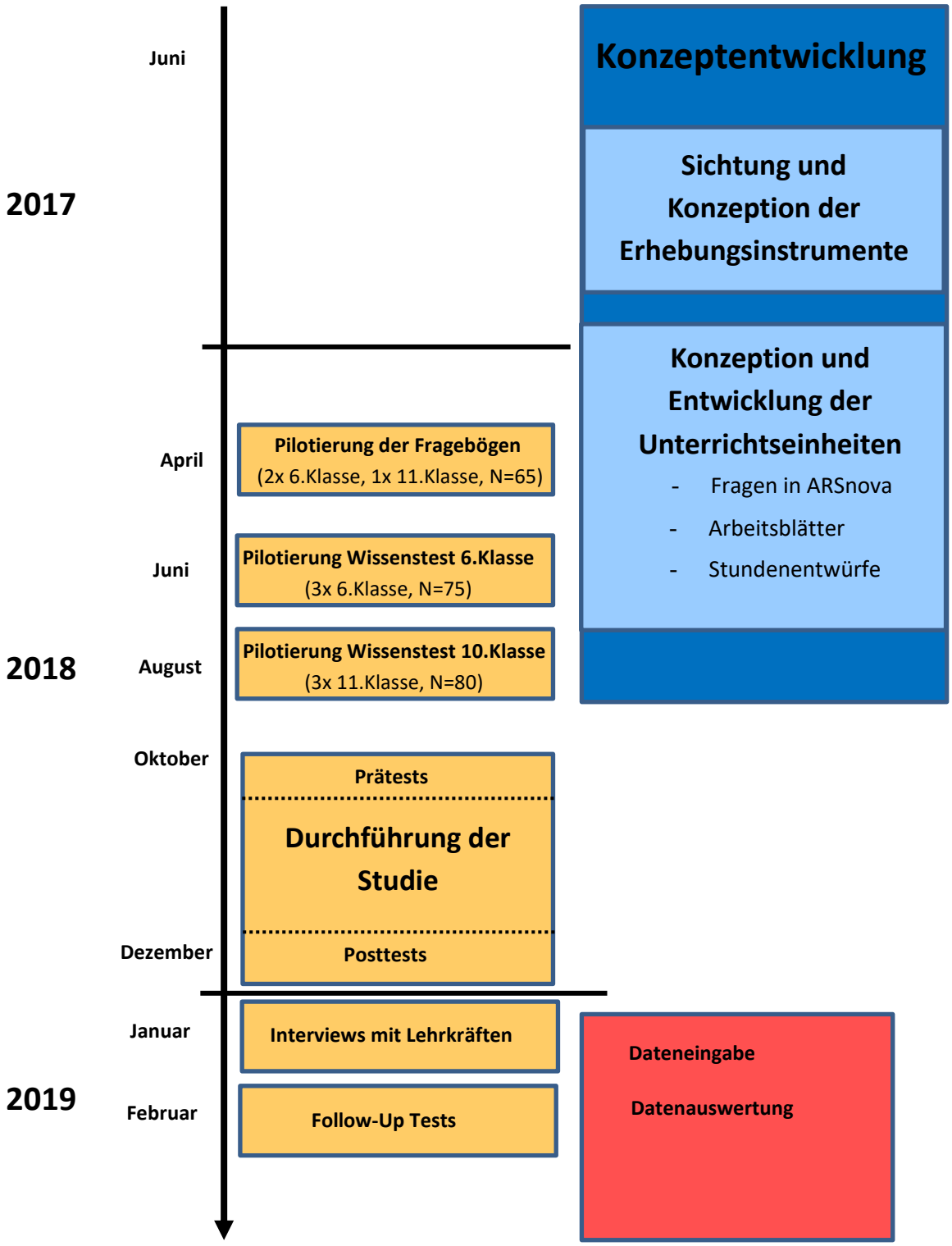


Abbildung 16: Projektablauf

3.2.1 Beschreibung der Stichproben

Im Rahmen der Untersuchung haben insgesamt über 350 Schülerinnen und Schüler an der Studie teilgenommen. Die Pilotierung der konzipierten Fragebögen wurde durch zwei 6. Klassen und einen Leistungskurs Chemie des 11. Jahrgangs durch insgesamt 65 Schülerinnen und Schüler vorgenommen. Die Pilotierung des Wissenstests der 6. Klasse erfolgt durch insgesamt 75 Schülerinnen und Schüler

(drei 6. Klassen) und die des Wissenstests der 10. Klasse durch 80 Schülerinnen und Schüler einer 11. Klasse.

An der Hauptstudie haben insgesamt 201 Schülerinnen und Schüler teilgenommen. Auf die vier 6. Klassen entfielen dabei insgesamt 114 Schülerinnen und Schüler, von denen 59 Schülerinnen und Schüler in Klassen der Interventionsgruppe und 55 Schülerinnen und Schüler in Klassen der Kontrollgruppe waren. In den 10. Klassen haben insgesamt 87 Schülerinnen und Schüler an der Studie teilgenommen. 40 Schülerinnen und Schüler waren in der Interventionsgruppe und 47 in der Kontrollgruppe. Eine Verteilung der Geschlechter in den einzelnen Gruppen lässt sich der Tabelle 1 entnehmen. Bei den 6. Klassen handelt es sich um Klassen, die das erste Mal an einem Chemieunterricht teilnehmen, so dass keine Vornoten angegeben werden können. Die Vornoten der Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen lassen sich der Tabelle 2 entnehmen. Insgesamt haben drei weibliche Lehrkräfte an der Hauptstudie teilgenommen und mit ARSnova unterrichtet.

	Interventionsgruppe				**Kontrollgruppe**			
	männlich	**weiblich**	**k.A.**	**Gesamt**	**männlich**	**weiblich**	**k.A.**	**Gesamt**
Klasse 6	23	36	0	59	21	32	2	55
Klasse 10	19	20	1	40	21	26	0	47
Gesamt	42	56	1	99	42	58	2	102

Tabelle 1: Geschlechterverteilung teilnehmender Klassen[11]

Klasse 10	**Sehr gut**	**gut**	**befriedigend**	**ausreichend**	**mangelhaft**	**Ungenügend**	**Gesamt**
Interventions-gruppe	12	9	13	6	0	0	40
Kontrollgruppe	13	11	17	6	0	0	47

Tabelle 2: Notenverteilung Klasse 10

3.2.1 Kurzbeschreibung des Studienverlaufs

Die Unterrichtsreihe samt Prätest- und Posttest-Bearbeitung wurde in allen teilnehmenden Klassen zwischen dem 15. Oktober und dem 21. Dezember 2018 im Zeitraum zwischen den Herbstferien und den Weihnachtsferien im Schuljahr 2018/2019 durchgeführt. In den 6. Klassen ist die Studie planmäßig ohne technische Schwierigkeiten und Verzögerungen verlaufen. Während der Unterrichtsstunden zeigt sich durchweg eine angemessene Anzahl von mobilen Endgeräten, so dass immer höchstens zwei Schülerinnen und Schüler an einem Endgerät arbeiten mussten. Insgesamt wurden in den beiden 6. Klassen über 1000 Schülerantworten über das Student Response System ARSnova abgegeben. In einer 10. Klasse der Interventionsgruppe sind dagegen während der Studie technische Schwierigkeiten

[11] In der Kontrollgruppe der 6. Klasse konnte das Geschlecht bei zwei Teilnehmenden und in der Interventionsgruppe der 10. Klasse bei einem Teilnehmenden nicht eindeutig zugeordnet werden. Die Datensätze wurden daher für die geschlechtsspezifische Auswertung nicht berücksichtigt.

aufgetreten. So konnten einige Schülerinnen und Schüler sich beispielsweise nicht zuverlässig ins schuleigene WLAN anmelden und daher nicht regelmäßig an den Abstimmungen teilnehmen. Das Programm ARSnova stürzte in dieser Klasse häufig ab und lief zum Teil sehr langsam und unzuverlässig. Während einer Stunde konnte die Lehrkraft nicht mit dem schuleigenen PC auf das Programm ARSnova zugreifen, so dass die Ergebnisse der Abstimmungen nicht über Beamer präsentiert werden konnten. Dies führte in einigen Stunden zu einer Ablenkung der Schülerinnen und Schüler und zu einer Verzögerung im Unterrichtsablauf. Diesem besonderen Umstand muss bei der Interpretation der Auswertungsergebnisse Rechnung getragen werden.
In den beiden 10. Klassen wurden insgesamt 842 Schülerantworten abgegeben. Das Antwortverhalten während der einzelnen Unterrichtsstunden weist auf eine ausreichende Anzahl mobiler Endgeräte hin, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Abgeben von Antworten mit dem Student Response System ARSnova in beiden Klassenstufen zentraler Bestandteil des Unterrichts war.

3.3 Einhaltung zentraler Gütekriterien

3.3.1 Objektivität

Nach Bortz und Döring (2016, S.443) gibt die Objektivität die Unabhängigkeit des Testergebnisses vom Testanwender bzw. Testleiter an. Sie unterscheiden dabei zwischen Durchführungsobjektivität, Auswertungsobjektivität und Interpretationsobjektivität.
Durch Vorgaben bei der Testdurchführung (Vorgabe der Bearbeitungszeit, Hinweise durch die durchführende Lehrkraft etc.) konnte das Kriterium der Durchführungsobjektivität erfüllt werden. Die Auswertungsobjektivität der verwendeten Fragebögen zum Lernklima, zur Lernmotivation im Fach etc. ist allein schon wegen des vorgegebenen geschlossen Frageformats vorgegeben. Die Wissenstests enthalten neben geschlossen Fragestellungen (Lückentexte, Multiple-Choice-Aufgaben, Zuordnungsaufgaben) auch offene Aufgabenformate, wie das Formulieren von Beobachtungen oder das Darstellen von Prozessen auf Teilchenebene. Durch Vorgaben für die genaue Bepunktung der Aufgaben wurde der Forderung nach Auswertungsobjektivität entsprochen. Die Interpretationsobjektivität ist bei der Auswertung der vorgegebenen Fragebögen und Tests erfüllt, da aus den erreichten Punktewerten die jeweilige Fähigkeit, Leistung direkt abgelesen werden kann.

3.3.2 Reliabilität

Nach Bühner (2011, S.60) versteht man unter Reliabilität *„den Grad der Genauigkeit, mit dem ein Test ein bestimmtes Merkmal misst, unabhängig davon, was er zu messen beansprucht.“* Bortz und Döring (2016, S.443) geben an, dass die Reliabilität eines Tests auf Basis der klassischen Testtheorie empirisch durch vier verschiedene Arten von Reliabilitätskoeffizienten (Testwiederholungsreliabilität, Paralleltest-Reliabilität, Testhalbierungs-Reliabilität und Interne Konsistenz) überprüft werden. Am weitesten verbreitet ist dabei die Methode der internen Konsistenz, die typischerweise durch die Berechnung des Cronbachs Alpha-Koeffizienten durchgeführt wird (Bortz und Döring, 2016, S.444). Diese Methode findet auch in dieser Untersuchung Anwendung.
Nach Bühner (2011, S.80) werden Reliabilitätskoeffizienten über 0,70 als akzeptabel angesehen. Zur Optimierung der Testentwürfe wurde im Zuge der Pilotierung der Fragebögen eine Itemanalyse

durchgeführt, die eine Berechnung der Reliabilitätskoeffizienten nach Cronbachs Alpha für die einzelnen Subskalen bzw. Skala der Testentwürfe (siehe Kapitel 4.5) beinhaltet.

3.3.3 Validität

Die Validität eines Tests gibt nach Bühner (2011, S.61) an, *„ob der Test das auch wirklich misst, was er zu messen beansprucht."* Grundsätzlich stehen nach Bortz und Döring (2016, S.445) *„drei verschiedene Methoden der Validierung zur Verfügung: die Inhalts-, Konstrukt- und Kriteriumsvalidierung."*

Inhaltsvalidität

„Von Inhaltsvalidität spricht man, wenn ein Test (bzw. seine Testitems im Gesamten) und auch jedes einzelne Item das zu messende Merkmal wirklich bzw. hinreichend präzise erfasst." (Bühner, 2011, S.62,63) Eine Inhaltsvalidierung kann nicht durch einen Validitätskoeffizienten ausgedrückt werden, sondern erfolgt theoretisch-argumentativ. Im Zuge der Inhaltvalidierung werden einzelne Testitems den inhaltlichen Aspekten eines zu erfassenden Konstrukts zugeordnet, um zu beurteilen, ob das zu messende Konstrukt in seiner Gesamtheit erfasst wird und die ausgewählten Items die theoretisch vorgegebenen Bedeutungen treffen (Bortz und Döring, 2016 S.446).

Bei der Konstruktion von Leistungstests, die dazu dienen den Wissenstand in einem Fach abzuprüfen, spielt die Inhaltsvalidität eine entscheidende Rolle. Die Testaufgaben sollten nachweislich das gesamte Themenspektrum angemessen abbilden (Bortz und Döring, 2016, S.470,471). Bei der Konstruktion der beiden Leistungstests wurde darauf geachtet, dass nahezu alle Aufgaben Themen und Inhalte abfragen, die zuvor in der Unterrichtseinheit bearbeitet wurden. Transferwissen wird nur sporadisch abgefragt. Diese Aspekte unterstützen die Forderung nach Inhaltsvalidität. Um der Forderung an eine möglichst hohe Inhaltsvalidität bei der Konstruktion der Items zur Erfassung der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit während des Chemieunterrichts auf der einen und der Einschätzung des Chemieunterrichts mit ARSnova auf der anderen Seite gerecht zu werden, wurde im Vorfeld eine Konzeptspezifikation mittels Nominaldefinition vorgenommen und eine entsprechende Anzahl an Testitems formuliert. Bei der Formulierung der Items wurden für eine möglichst hohe Inhaltsvalidität folgende Aspekte berücksichtigt (vgl. Tepner, 2007, S.40);

Die Items werden…

- …immer komplett ausgeschrieben und als exakte Statements formuliert. (Beispiel: „Im Chemieunterricht arbeite ich regelmäßig mit."
- …auf die Zielperson ausgerichtet, in Ich-Form formuliert und enthalten keine doppelten Verneinungen.

Konstruktvalidität

„Mit der Konstruktvalidität soll abgeleitet werden, dass der Test auch die Eigenschaft oder Fähigkeit misst, die er messen soll." (Bühner, 2011, S.63) Nach Bortz und Döring (2016, S.471) ist ein Test konstruktvalide, *„wenn aus dem zu messenden Zielkonstrukt theoretisch und/oder empirisch gut fundierte Hypothesen ableitbar sind, die anhand der Testwerte bestätigt werden können."* Die aufgestellten Hypothesen dienen im Rahmen der Konstruktvalidierung dazu, herauszufinden mit

welchen anderen Variablen der Test zusammenhängt (konvergente Validität) oder nicht zusammenhängt (divergente Validität) (Bortz und Döring, 2016, S.471).

Die Konstruktvalidität umfasst die konvergente Validität, die diskriminante Validität und die faktorielle Validität. Zur Überprüfung der Konstruktvalidität der Fragebögen zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit bzw. des Meinungstests zum Unterricht mit dem Student Response System ARSnova wird die faktorielle Validität durch eine explorative Faktorenanalyse überprüft. Ziel dieser Analyse ist es Zusammenhänge der Items untereinander durch eine entsprechende Anzahl an dahinterliegenden Faktoren zu erklären (Bühner, 2011 S.296). Items, die inhaltlich zu einer Subdimension gehören, werden damit einem entsprechenden Faktor zugeordnet. Für die Subdimension Mitarbeit des konzipierten Fragebogens zur Erhebung der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration während des Unterrichts wurde zusätzlich der Zusammenhang zu der Subskala der Partizipation und Mitarbeit des Fragebogens zum Lernklima von Bolte (1996) überprüft. Hierzu wurde eine Rangkorrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Der ermittelte Wert des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho zeigt, dass wie zu erwarten ein schwacher Zusammenhang zwischen der durch den Fragebogen zum Lernklima erfassten Subdimension der Partizipationsbereitschaft und Mitarbeit auf der einen und der Einschätzung der Mitarbeit durch den konzipierten Fragebogen zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit auf der anderen Seite besteht (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Zusammenhang Subdimension Mitarbeit - Lernklima Partizipationsbereitschaft und Mitarbeit

			Partizipationsbereitschaft und Mitarbeit
Spearman-Rho	**Subdimension Mitarbeit**	**Korrelationskoeffizient**	0,459**
		Sig. (2-seitig)	0,001
		N	51

**. Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig)

Kriteriumsvalidität

Nach Bortz und Döring (2016) liegt Kriteriumsvalidität vor, wenn das Ergebnis des durch den Fragebogen zu erfassenden Merkmals bzw. Konstruktes mit Messungen eines anderen korrespondierenden Merkmals außerhalb der Testsituation übereinstimmt. Die Kriteriumsvalidität der Leistungstests wird durch die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Abschneiden im Leistungstest und der Chemiezensur kontrolliert. Hierzu wird eine Rangkorrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt.

3.4 Einsatz von ARSnova im Unterricht

Im Rahmen der Studie wird das Student Response System ARSnova nach dem class-wide Discussion-Ansatz mit Hilfe des von Dufresne et al. (1996) entwickelten Question Cycle in den Chemieunterricht integriert. Dieser Ansatz wurde im Rahmen der Projekte A2L:Assessing-to-LearnPhysics (U.S. National Science Foundation grant DUE-9453881) und TLT: Teacher Learning of Technology-Enhanced

Formative Assessment (U.S. National Science Foundation grant TPC-0456124) an High Schools in den USA erprobt (Beatty & Gerace, 2009) und lässt sich durch seine Struktur am besten in die vorhandene Unterrichtsorganisation eines experimentellen Chemieunterrichts an einem niedersächsischen Gymnasium integrieren. Lehrkräfte, die am TLT-Projekt teilgenommen und ein Student Response System nach dem TEFA-Ansatz in Form des Question Cycle in ihren Unterricht integrieren, berichten, dass die Vermittlung von Inhalten nach dem TEFA-Ansatz langsamer erfolgt und für das Durchführen der klassenweiten Diskussionen und den Wechsel zwischen Phasen, in denen das Student Response System benutzt wird und in denen herkömmlich unterrichtet wird, zusätzliche Zeit benötigt wird (Lee et al., 2012). Daher wird die Anzahl der in einer Doppelstunde zu beantwortenden Fragen auf drei bis vier Fragen festgelegt, anstatt der durch Beatty et al. (2009) empfohlenen drei bis vier Fragen pro 50 - 60 Minuten.

Da ein Student Response System prinzipiell sehr variabel in die verschiedenen Unterrichtsphasen integriert werden kann (vgl. Erlemann et. al., 2014), soll im folgenden Kapitel der Einsatz des Student Response Systems ARSnova während der Interventionsstudie näher erläutert werden.

3.4.1 Allgemeiner Ablauf einer Unterrichtsstunde mit ARSnova

Bevor der Unterricht beginnen kann, müssen alle Schülerinnen und Schüler angehalten werden ihr digitales Endgerät anzuschalten und sich gegebenenfalls mit dem vorhandenen W-LAN der Schule zu verbinden. Dieser Prozess dauert in der Regel nicht lange und es ist sinnvoll die Schülerinnen und Schüler schon vor der allgemeinen Begrüßung in der Klasse aufzufordern, dass Gerät einzuschalten. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit die Unterrichtsstunde direkt mit dem Stellen einer Frage in ARSnova zu beginnen, um beispielsweise das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren und die Aufmerksamkeit zu steigern (vgl. Erlemann et al., 2014). Jedoch kann das Beantworten einer Frage in ARSnova auch im Anschluss an eine Unterrichtssequenz, die herkömmliche Unterrichtsmethoden, wie z.B. das Schülerexperiment, eine Partnerarbeit oder Einzelarbeit beinhaltet, erfolgen. Zunächst wird über das System ARSnova durch die Lehrkraft eine Frage in den zur Verfügung stehenden Frageformaten über Beamer präsentiert. Anschließend bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe in einem vorgegebenem Zeitfenster auf ihrem mobilen Endgerät und speichern ihre Antwort im System ARSnova. Die Antworten werden über das System gesammelt und beispielsweise zur Auswertung der Multiple-Choice-, Single-Choice- oder Ja-/Nein-Antworten in Form eines Histogramms präsentiert, das die Verteilung der gegebenen Antworten innerhalb der Klasse darstellt. Für das Bearbeiten der Multiple-Choice-Fragen erhalten die Schülerinnen und Schüler in der Regel etwas weniger Zeit (ein bis zwei Minuten) als für das Bearbeiten von Fragen mit freien Textantworten (fünf bis sieben Minuten). Für die Auswertung der von den Schülerinnen und Schülern eingegebenen Texten empfiehlt es sich zunächst einige Antworten über Beamer zu präsentieren und laut vorlesen zu lassen. Im Anschluss kann dann in einem Unterrichtsgespräch eine Bewertung der Aussagen durch die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich fachlicher oder fachsprachlicher Richtigkeit erfolgen. Zur Bewertung des Histogramms haben alle Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit sich über mögliche richtige oder falsche Antworten zu äußern und zu begründen, warum sie sich für die

eine oder andere Antwortmöglichkeit entschieden haben. Es wird an dieser Stelle von der Lehrkraft noch nicht gesagt welches die richtigen Antworten sind. Nach diesem Unterrichtsgespräch wird von Seiten der Lehrkraft die richtige Lösung der Aufgabe präsentiert und eine abschließende Bewertung der Schülertexte vorgenommen. Alternativ hat man die Möglichkeit die Aufgabe noch einmal zu stellen, falls das Antwortbild recht uneinheitlich ist. Nach dem Präsentieren der Lösung werden etwaige Lösungen schriftlich fixiert und dann wird mit einer herkömmlichen Unterrichtssequenz fortgefahren bis sich der Ablauf mit dem erneuten Stellen einer Frage über das System ARSnova wiederholt. Die folgende Abbildung 17 stellt den Einsatz von ARSnova innerhalb einer Unterrichtsstunde schematisch dar.

Für den Einsatz von ARSnova im Rahmen der Interventionsstudie lassen sich zudem weitere Vereinbarungen festhalten:

1. Das Student Response System ARSnova wird in einer Doppelstunde ca. drei- bis viermal eingesetzt.
2. Als mobile Endgeräte für die Eingabe der Antworten verwenden die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Smartphone, Tablet etc..
3. Die Schülerinnen und Schüler erhalten über einen WLAN-Router Zugang ins WLAN der Schule, so dass keine Kosten entstehen.
4. Die Schülerinnen und Schüler, die kein eigenes Smartphone oder Tablet besitzen, erhalten für die Zeitdauer der Studie ein Tablet der Schule.
5. Es sollten immer höchstens zwei Schülerinnen und Schüler an einem mobilen Endgerät arbeiten, damit eine ausreichende Schülerbeteiligung gewährleistet ist.
6. Die Schülerinnen und Schüler erhalten während der Doppelstunde die Möglichkeit Feedback in Form von Smiley zu geben und Fragen an die Lehrkraft zu schicken.
7. Als Frageformate kommen sowohl, Multiple-Choice- als auch Freitextaufgaben zum Einsatz.
8. Während die Schülerinnen und Schüler nicht mit dem Smartphone arbeiten, liegt das Smartphone ausgeschaltet und sichtbar auf dem Schülertisch.

Abbildung 17: Schematische Darstellung des Einsatzes von ARSnova während einer Unterrichtsstunde

3.5 Vorstellung der Unterrichtseinheiten

Die Unterrichtseinheiten sind so geplant, dass die beteiligten Lehrkräfte sowohl in der Interventionsgruppe als auch in der Kontrollgruppe weitestgehend synchron unterrichten können. Die Lehrkräfte erhalten eine vorgegebene Grobplanung der einzelnen Unterrichtsstunden, die entsprechenden Arbeitsblätter und für die Interventionsgruppe vorgefertigte Fragen in ARSnova. Die Funktion, die der Einsatz des Student Response System im Unterrichtsverlauf einnimmt, ist von Stunde zu Stunde unterschiedlich und verläuft nach dem bereits dargestellten Ansatz (siehe Kapitel 3.4.1). Durch das Verwenden von normierten Arbeitsblättern und Stundenabfolgen wird das Programm ARSnova so in den Unterrichtsablauf integriert, dass keine zusätzlichen Inhalte im Vergleich zur Kontrollgruppe bearbeitet werden. Die Bearbeitung der Inhalte verläuft durch den Einsatz von ARSnova nur auf eine andere Art und Weise. Müssen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise anhand einer Aufgabe in ARSnova die Entwicklung der Elektronegativitäten im Periodensystem in Form einer Aufgabe mit freier Texteingabe beschreiben, so erfolgt die Bearbeitung in der Kontrollgruppe in Form eines Unterrichtsgesprächs oder über eine Partner- bzw. Einzelarbeit. Gleiches gilt für den Einsatz des Student Response Systems bei der Sammlung von Beobachtungen und Deutungen zu einem Experiment. So erfolgt in der Kontrollgruppe das Sammeln von Beobachtungen und Deutungen beispielsweise im Unterrichtsgespräch und in der Interventionsgruppe durch Sammeln von Beobachtungen in Form von freien Texteingaben und dem Abstimmen über Aussagen, die als mögliche Deutungen in Frage kommen, in Form einer Multiple-Choice-Aufgabe. Gleiches gilt für die Verwendung des in ARSnova verwendeten Bild- und Filmmaterials. Dieses kann von den Lehrkräften der Kontrollgruppe präsentiert und thematisiert werden, lediglich auf eine Beantwortung der Fragen und die Präsentation der Ergebnisse z.B. in Form eines Histogramms wird verzichtet. Die Lehrkräfte sind zusätzlich dazu angehalten, in der Interventionsgruppe auch Lösungen von Aufgaben, die mit dem Student Response System ARSnova bearbeitet wurden, schriftlich auf den Arbeitsblättern oder in der Mappe zu fixieren.

Die beiden folgenden Kapitel geben eine kurze Übersicht über die thematische Abfolge der Unterrichtseinheiten in der 6. und in der 10. Klasse.

Im niedersächsischen Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5-10 des Gymnasiums im Fach Chemie werden die inhaltsbezogenen Kompetenzen hinsichtlich der vier Basiskonzepte „Stoff-Teilchen“, „Struktur-Eigenschaft“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ strukturiert (vgl. KC, 2015). Diese dienen den Schülerinnen und Schüler als Grundlage eines systematischen Wissensaufbaus fachlicher Inhalte unter besonderer Berücksichtigung des Bezugs zur Lebenswelt (vgl. KC, 2015).

Für jedes Basiskonzept werden neben dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ auch die prozessbezogenen Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ ausgewiesen (KC, 2015)

3.5.1 Unterrichtseinheit Klasse 6: Vorgänge im Teilchenmodell

Das Niedersächsische Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5-10 des Gymnasiums im Fach Chemie sieht für den Doppeljahrgang 5/6 im Basiskonzept Stoff-Teilchen eine Thematisierung der

Stoffeigenschaft der Löslichkeit und die Einführung und Anwendung des Teilchenmodells vor. Im Kompetenzbereich Fachwissen finden sich dazu folgende Aspekte:
„Die Schülerinnen und Schüler…

- beschreiben Stoffe anhand ihrer typischen Eigenschaften wie Brennbarkeit und Löslichkeit.“ […]
- beschreiben anhand eines Teilchenmodells/Bausteinmodells den submikroskopischen Bau von Stoffen.“
- beschreiben die Aggregatzustände auf Teilchenebene.“
- beschreiben die Diffusion auf Stoff- und Teilchenebene.“
- führen die Eigenschaften eines Stoffes auf das Vorhandensein identischer Teilchen/Bausteine zurück.“ (KC, 2015, S.52)

Die Schülerinnen und Schüler sollen zudem in den anderen Kompetenzbereichen u.a. zwischen der Stoff- und Teilchenebene unterscheiden, den Nutzen des Teilchenmodells erkennen und Vorgänge auf Teilchenebene unter Anwendung von Fachsprache angemessen beschreiben. Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden ein einfaches Teilchenmodell eingeführt und die oben angegebenen Kompetenzbereiche vermittelt. Zudem werden im Rahmen dieser Unterrichtseinheit neben dem Einführen der Löslichkeit als Stoffeigenschaft auch Lösungsvorgänge von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen (auch in unterschiedlichen Lösungsmitteln) auf Teilchenebene thematisiert. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Unterrichtsgang. Die verwendeten Materialien und die in der Interventionsgruppe verwendeten Aufgaben, die mittels des Student Response Systems ARSnova bearbeitet werden, sind separat ausgewiesen.

Tabelle 4: Übersicht der Unterrichtseinheit in der 6. Klasse

Inhalt	Materialien	Einsatz von ASRnova
1. Stunde **Thema: Molekulares Sieben- Einführung des Teilchenmodells** <u>Einstieg:</u> Einmachen von Marmelade <u>Erarbeitung:</u> Schülerexperiment: Molekulares Sieben von Farbstofflösungen; Sammeln von Beobachtungen und Deutungen Modellannahmen des Teilchenmodells fixieren <u>Vertiefung:</u> Darstellung der Prozesse des Schülerexperiments im Teilchenmodell	Arbeitsblatt Molekulares Sieben	1. Multiple-Choice-Frage zum Einmachen von Marmelade 2. Sammeln der Beobachtungen des Experiments durch Freitextaufgabe. 3. Multiple-Choice-Frage zum Herausarbeiten der Deutung des Experiments. 4. Präsentation einer Darstellung auf Teilchenebene und Finden des Fehlers
2. Stunde **Thema: Aggregatzustände/ Aggregatzustandsänderungen auf Teilchenebene** <u>Einstieg:</u> Filmbeitrag „FWU Teilchenmodell und Aggregatzustände“ <u>Erarbeitung:</u> Anordnung der Teilchen in den Aggregatzuständen textlich beschreiben und Ausschnitte der Aggregatzustände auf Teilchenebene zeichnerisch darstellen.	Arbeitsblatt Aggregatzustände auf Teilchenebene Filmbeitrag Dokumentenkamera	1. Multiple-Choice-Frage zum Filmbeitrag 2. Notieren der Eigenschaften der Teilchen in den Aggregatzuständen (Freitext) 3. Multiple-Choice-Frage zum Schmelzen auf Teilchenebene 4. Multiple-Choice-Frage zur Darstellung des Sublimierens auf Teilchenebene

Vertiefung: Beschreibung der Anordnung der Teilchen bei Aggregatzustandsänderungen und zeichnerische Darstellung der Prozesse		5. Vertiefung Urmeter (Freitext) – eventuelle Hausaufgabe (optional)
3. Stunde **Thema: Lösen von Feststoffen** Einstieg: Lehrerexperiment: Lösen von Kaliumpermanganat in einer Petrischale Erarbeitung: Sammeln der Beobachtungen; Herausarbeiten der Deutungen zum Experiment Vertiefung: Beschreibung von Teilchendarstellungen des Prozesses	Video: Lösungsvorgang im Zeitraffer Arbeitsblatt Lösen von Kaliumpermanganat in Wasser Dokumentenkamera	1. Sammeln der Beobachtungen (Freitextaufgabe) 2. Multiple-Choice-Frage zur Auswahl von Aussagen zur Deutung 3. Beschreibung des ersten Bildes der Darstellung auf Teilchenebene (Freitextaufgabe) 4. Auswahl von richtigen Beschreibungen des 2. Bildes (Multiple-Choice-Frage)
4. Stunde **Thema: Löslichkeit in unterschiedlichen Lösungsmitteln** Einstieg: Verwendung von Öl in Salatdressings Erarbeitung: Schülerexperiment: Lösen von verschiedenen Stoffen in Wasser bzw. Speiseöl Sammeln der Beobachtungen, Erklärung des Lösungsverhaltens; Einführung der Fachbegriffe (lipophil/hydrophob hydrophil/lipophob Lösungsmittel etc.); Beantwortung der Einstiegsfrage Vertiefung: Lehrerexperiment: Lösungsverhalten von Iod in einem Benzin- und Wassergemisch; Sammeln der Beobachtungen und Erklärung der Prozesse anhand der zuvor erarbeiteten Fachbegriffe; Hausaufgabe: Darstellung der Prozesse auf Teilchenebene	Arbeitsblatt Eine Salatsoße genauer betrachtet Arbeitsblatt Lösen von Iod in Benzin und Wasser	1. Multiple-Choice-Frage zum Einstieg, die den Einsatz von Öl in Salatdressings thematisiert 2. Multiple-Choice-Frage zur Auswertung des Schülerexperimentes 3. Sammeln der Beobachtungen (Freitextaufgabe) 4. Multiple-Choice-Frage zur Auswahl von Aussagen zur Deutung des Lehrerexperimentes
5. Stunde **Thema: Bestimmung der Löslichkeit in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen** Einstieg: Vergleich von Teilchendarstellung zum Lösungsvorgang von Iod im Benzin-/Wassergemisch Erarbeitung: Schülerexperiment zur Bestimmung der Menge an Alaun und Kochsalz, die sich bei Raumtemperatur und bei Erwärmen auf 70 °C maximal lösen; Auswertung mit Einführung der Begriffe „gesättigte Lösung“, „übersättigte Lösung“ und einer formalen Definition der Löslichkeit; Diagramm zur Löslichkeit verschiedener Stoffe in Abhängigkeit von der Temperatur Vertiefung: Lösungsvorgänge auf Teilchenebene beschreiben und zeichnerisch darstellen Hausaufgabe: Darstellung einer übersättigten Lösung von Alaun bei 50 °C im Teilchenmodell	Arbeitsblatt Kalt und heiß lösen	1. Sammeln der gemessenen Werte durch Eingabe als Freitext 2. Multiple-Choice-Frage zur Löslichkeit 3. Multiple-Choice-Frage zum Diagramm 4. Multiple-Choice-Frage zum Vorgang auf Teilchenebene

6. Stunde **Thema: Löslichkeit von Gasen in Wasser** Einstieg: Sammeln von Hypothesen, warum die Fische gestorben sind. Erarbeitung: Schülerexperiment: Erwärmen von Wasser und Auffangen des entstehenden Gases; Sammeln der Beobachtungen und Erklärung der Prozesse und um welches Gas es sich handelt; Überprüfung der zuvor aufgestellten Hypothesen; Formulieren einer Begründung für das Fischsterben. Vertiefung: Lösungsverhalten von Kohlenstoffdioxid in Wasser	Bild eines Aquariums mit toten Fischen, das in der Sonne steht Arbeitsblatt	1. Sammeln von Hypothesen zu Beginn der Stunde als Freitextantwort 2. Sammeln von Beobachtungen zum Experiment als Freitextantwort 3. Multiple-Choice-Frage zur Klärung der Deutung des Experimentes 4. Transferaufgabe

3.5.2 Unterrichtseinheit Klasse 10: Elektronenpaarbindungen/ zwischenmolekulare Kräfte

Für den Doppeljahrgang 9/10 sieht das Niedersächsische Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5-10 des Gymnasiums im Fach Chemie eine Thematisierung der Elektronenpaarbindung zwischen Atomen und der Deutung der daraus resultierenden Stoffeigenschaften vor. Im Basiskonzept „Stoff-Teilchen“ im Kompetenzbereich Fachwissen finden sich dazu folgende Anmerkungen (KC, 2015, S.57): „Die Schülerinnen und Schüler …

- unterscheiden zwischen Ionenbindung und Atombindung/Elektronenpaarbindung.“
- differenzieren zwischen polaren und unpolaren Atombindungen/Elektronenpaarbindungen.“
- wenden das EPA-Modell zur Erklärung der Struktur von Molekülen an.“

Hinsichtlich der anderen Kompetenzbereiche ist anzumerken, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein sollen die Elektronenpaarbindungen in der Lewis-Schreibweise darzustellen, eine geeignete Auswahl aus den vorhandenen Modelldarstellungen zur anschaulichen Darstellung der Bindungsverhältnisse eines Stoffes zu treffen und chemische Sachverhalte mit geeigneten Modellen darzustellen und fachsprachlich zu beschreiben bzw. zu erklären.

Im Basiskonzept „Struktur- Eigenschaft“ finden sich im Kompetenzbereich „Fachwissen“ weitere Bezüge: „Die Schülerinnen und Schüler…

- nutzen das PSE zur Erklärung von Bindungen.“
- erklären die Eigenschaften von Ionen- und Molekülverbindungen anhand von Bindungsmodellen.“
- wenden die Kenntnisse über die Elektronegativität zur Vorhersage oder Erklärung der Bindungsart an.“
- differenzieren zwischen unpolarer, polarer Atombindung/Elektronenpaarbindung und Ionenbindung.“
- erklären die Wasserstoffbrückenbindung an anorganischen Stoffen.“ (KC,2015, S.58)

In den anderen Kompetenzbereichen sollen unter anderem das modellhafte Darstellen der Wasserstoffbrückenbindung und die sichere Anwendung der Begriffe Atom, Ion, Molekül, Ionenbindung und Elektronenpaarbindung geschult werden (KC, 2015, S.58). Im Kerncurriculum werden nicht explizit der Dipol einer Verbindung oder weitere zwischenmolekularen Kräfte neben der Wasserstoffbrückenbindung genannt. Im Rahmen der konzipierten Unterrichtseinheit werden die Ausbildung eines Dipols und als weitere zwischenmolekulare Wechselwirkungen, die Dipol-/Dipol-Wechselwirkungen und die Van-der-Waals-Wechselwirkungen thematisiert. Eine Übersicht über den geplanten Ablauf der Unterrichtseinheit gibt die folgende Tabelle. Die verwendeten Materialien und die in der Interventionsgruppe verwendeten Aufgaben, die mittels des Student Response Systems ARSnova bearbeitet werden, sind separat ausgewiesen.

Tabelle 5: Übersicht über den Ablauf der Unterrichtseinheit in der 10.Klasse

Inhalt	Materialien	Einsatz von ARSnova
1. Stunde **Thema: Elektronenpaarbindung/Lewis-Schreibweise** <u>Einstieg:</u> Kurze Wiederholung des Bohrschen-Atommodells <u>Erarbeitung:</u> Beschreibung der Prozesse der Bindungsbildung eines Wasserstoffmoleküls aus zwei Wasserstoffatomen auf atomarer Ebene; Merksatz zur Elektronenpaarbindung <u>Vertiefung:</u> Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Infotext zur Oktettregel und zum Aufstellen von Strukturformeln, dieser wird gelesen und es wird das Arbeitsblatt bearbeitet.	Arbeitsblatt Bindung im Wasserstoff-Molekül Infoblatt Aufstellen von Strukturformeln Arbeitsblatt Lewis-Formeln	1. Multiple-Choice-Frage zum Bohrschen Atommodell 2. Multiple-Choice-Frage zum Aufbau des Argon-Atoms 3. Beschreibung des 1. Bildes als Aufgabe mit freier Textantwort 4. Beschreibung des 2. Bildes als Aufgabe mit freier Textantwort 5. Multiple-Choice-Frage zur Beschreibung des 3. Bildes
2. Stunde **Thema: Lewis-Formeln mit Mehrfachbindungen/EPA-Modell** <u>Einstieg:</u> Präsentation von Lewis-Formeln und Entscheiden über Richtigkeit der Darstellung <u>Erarbeitung:</u> Erarbeitung der Lewis-Struktur von Molekülen mit Mehrfachbindungen anhand der Lewis-Struktur von Kohlenstoffdioxid und Stickstoff; Definition des Begriffs Zweifachbindung bzw. Mehrfachbindung. Die Schülerinnen und Schüler lesen ein Infoblatt zum Elektronenpaarabstoßungs-Modell; wesentliche Annahmen werden fixiert und die räumliche Struktur verschiedener Verbindungen mittels Molekülbaukästen erarbeitet. <u>Vertiefung:</u> Die Schülerinnen und Schüler finden Gründe für die Verringerung des Bindungswinkels; Erarbeitung der Struktur von Acetylen	Infoblatt EPA-Modell Arbeitsblatt: Der räumliche Bau von Molekülen Arbeitsblatt: Lewis-Formeln und EPA-Modell	1. Einstieg mit Multiple-Choice-Frage zu Lewis-Formeln verschiedener Verbindungen 2. Multiple-Choice-Frage zur Lewis-Struktur von Kohlenstoffdioxid 3. Multiple-Choice-Frage zu den Annahmen des EPA-Modells 4. Multiple-Choice-Frage zur Begründung der Abweichung vom Tetraederwinkel 5. Multiple-Choice-Frage zur Struktur von Acetylen
3. Stunde **Thema: Ablenkung eines Wasserstrahls** <u>Einstieg:</u> Lehrerexperiment: Der abgelenkte Wasserstrahl		1. Multiple-Choice-Frage zu Gründen für die Ablenkung des Wasserstrahls

Erarbeitung: Sammeln der Beobachtungen; Aufstellen von Hypothesen über die Ablenkung; Zusammentragen von vorhandenem Wissen über die Struktur des Wassermoleküls; Erarbeitung des Begriffs der Elektronegativität und anschließende Bestimmung der Elektronegativitätsdifferenz im Wassermolekül; Ausbildung von Teilladungen; Einführung des Begriffs der polaren Bindung; Thematisierung der Ausbildung eines Dipols mit formaler Definition Vertiefung: Begründung der Ablenkung des Wasserstrahls	Ausschnitt aus dem Periodensystem mit Elektronegativitäten	2. Aufgabe mit freier Textantwort zur Beschreibung von Tendenzen zur Entwicklung der Elektronegativität im Periodensystem 3. Aufgabe mit freier Textantwort zur Elektronegativität und zur Entwicklung im PSE 4. Multiple-Choice-Frage zur Begründung der Ablenkung des Wasserstrahls auf Teilchenebene.
4. Stunde **Thema: Dipolmoleküle – Art der chemischen Bindung** Einstieg: Wiederholung der Begrifflichkeiten: Elektronegativität; polare Elektronenpaarbindung, Dipol anhand des Aufbaus des Kohlenstoffdioxid-Moleküls Erarbeitung: Die Schüler bearbeiten das Arbeitsblatt Polare Bindungen – Dipolmoleküle, Molekül oder Ion? Vertiefung: Sammeln von Eigenschaften der Bindungen zwischen Ionen und in Molekülen	Arbeitsblatt: Polare Bindungen – Dipolmoleküle, Moleküle, Ion?	1. Multiple-Choice-Frage zu den Eigenschaften von CO_2 2. Erklärungen dafür sammeln, dass das Ammoniak-Molekül ein Dipol ist (Aufgabe mit freier Textantwort) 3. Multiple-Choice-Frage zur Struktur von Phosphor (III)-chlorid 4. Sammeln von Eigenschaften zu Bindungsverhältnissen zwischen Ionen und Elektronenpaarbindungen (Aufgabe mit freier Textantwort)
5. Stunde **Thema: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen; Van-der-Waals-Kräfte** Einstieg: Struktur von festem Iod auf atomarer Ebene Erarbeitung: Erarbeitung der Entstehung eines temporären/induzierten auf atomarer Ebene; Einführung und Eigenschaften der Van-der-Waals-Wechselwirkungen. Vertiefung: Abhängigkeit der Stärke der Van-der-Waals-Kraft; Filmbeitrag zum Gecko an der Decke mit anschließender Klärung der Haftung des Geckos	Arbeitsblatt: Die Entstehung eines temporären Dipols	1. Multiple-Choice-Frage zur Struktur von festem Iod 2. Beschreibung der Entstehung von temporären/ induzierten Dipolen (Aufgabe mit freier Textantwort) 3. Multiple-Choice-Frage zu Van-der-Waals-Wechselwirkungen 4. Multiple-Choice-Frage zur Entwicklung der Siedetemperaturen Beschreibung/Erklärung wie es dem Gekko gelingt, an der Decke zu laufen (Aufgabe mit freier Textantwort)
6. Stunde **Thema: Zwischenmolekulare Wechselwirkungen; Dipol-Dipol-/Wasserstoffbrückenbindung** Einstieg: Vergleich der Siedetemperaturen von Sauerstoff und Chlorwasserstoff und Erklärung der Unterschiede anhand des Molekülaufbaus		1. Multiple-Choice-Frage zur Erklärung der unterschiedlichen Siedetemperaturen von Sauerstoff und Chlorwasserstoff. 2. Aufgabe mit freier Textantwort zur Entwicklung der

Erarbeitung: Einführung der Dipol/Dipol-Wechselwirkungen als neue zwischenmolekulare Kraft anhand des Aufbaus der Chlorwasserstoff-Moleküle; Vergleich der Siedetemperaturen der Halogenkohlenwasserstoffe; Begründungen für die besonders hohe Siedetemperatur von Fluorwasserstoff sammeln; formale Definition der Wasserstoffbrückenbindung Erarbeitung des besonderen Aufbaus des Wassermoleküls und der sich daraus ergebenden Eigenschaften; die Schülerinnen und Schüler lesen hierzu ein Arbeitsblatt und bearbeiten die entsprechenden Aufgaben. Vertiefung: Erklärung, warum Schwefelwasserstoff und Methan bei Raumtemperatur Gase sind.	Arbeitsblatt: Wasser ein besonderer Stoff	Siedetemperaturen bei den Halogenwasserstoffen. 3. Multiple-Choice-Frage zu den Eigenschaften der Wasserstoffbrückenbindung 4. Aufgabe mit freier Textantwort zur Dichteanomalie des Wassers 5. Aufgabe mit freier Textantwort zur Begründung der Siedetemperaturen von Methan und Schwefelwasserstoff anhand der vorliegenden zwischenmolekularen Wechselwirkungen

3.6 Die Aufgaben und Fragestellungen in ARSnova

3.6.1 Grundlegende Anmerkungen zum Design der Aufgaben und Fragestellungen

Bei der Gestaltung der Aufgaben in ARSnova wurde versucht sowohl Multiple-Choice-Aufgaben und Fragen mit freier Texteingabe zu integrieren. Die Unterrichtseinheit zum Teilchenmodell enthält beispielsweise neun Aufgaben mit freier Texteingabe und 15 Aufgaben im Multiple-Choice-Format. Zusätzlich wurde noch eine Aufgabe mit einem Fehlerbild integriert. Die Multiple-Choice-Aufgaben enthalten zwischen drei und fünf vorgegebenen Antwortmöglichkeiten von ähnlicher textlicher Länge. Die Aufgabentexte bzw. die vorgestellten Sachverhalte wurden sprachlich verständlich und nicht zu umfangreich formuliert. Dies hat zum einen technische Gründe, da der Bereich für das Bild – und Textmaterial, das in einer vernünftigen Größe auf einem handelsüblichen Smartphone mit ca. vier-fünf Zoll Größe vernünftig lesbar ist, beschränkt ist. Durch zu viel Scrollen auf dem Bildschirm besteht die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler abgelenkt werden bzw. die Orientierung verlieren. Zum anderen sollen die Aufgabenstellungen in einer relativ kurzen Zeitspanne bearbeitet werden und das Histogramm über die Verteilung der Schülerantworten innerhalb der Klasse präsentiert werden. Bei der Formulierung der Antwortoptionen wurden je nach Aufgabentyp versucht Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu integrieren, vorhandenen Präkonzepte aufzugreifen und möglichst mehrere Antwortmöglichkeiten als mögliche korrekte Lösungen durch ein möglichst breites Antwortverhalten der Schüler zu initiieren.

3.6.2 Vorstellung ausgewählter Aufgaben und Fragen aus ARSnova

Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Fragen bzw. Aufgaben und exemplarische Schülerlösungen der Unterrichtseinheiten vorgestellt. Diese sind direkt dem Programm ARSnova entnommen und werden etwas vereinfacht in den folgenden Abbildungen dargestellt. Innerhalb der Unterrichtseinheiten finden insgesamt über fünfzig unterschiedliche Fragen Verwendung, daher können nicht alle Fragen und Aufgaben ausführlich vorgestellt werden. Der Fokus liegt auf der Vorstellung unterschiedlicher Aufgabentypen und der Darstellung der Möglichkeiten und Funktionen während des Unterrichts. Der Einsatz des Student Response Systems ARSnova ist an den Question Cycle (Dufresne et al., 1996) angelehnt und erfolgt wie bereits angesprochen ca. viermal pro Doppelstunde. Die konzipierten Fragen und Aufgaben erfüllen daher schon allein aufgrund des unterschiedlichen Zeitpunktes zu dem sie im Unterricht eingesetzt werden unterschiedliche Funktionen. Durch das Integrieren von Fragen mit unterschiedlichen Frageformaten ergibt sich damit ein sehr variabler Einsatz. Zum Einstieg in eine Unterrichtsstunde werden sowohl Multiple-Choice-Fragen als auch freie Textantworten benutzt. Durch die Möglichkeit der freien Texteingabe können beispielsweise Hypothesen, Erfahrungen usw. der Schülerinnen und Schüler gesammelt werden. Dies erfolgt beispielsweise zu Beginn der 6. Doppelstunde der Unterrichtseinheit in Klasse 6 mit einem Einstieg zum Thema Fischsterben im Aquarium (siehe untere Abbildung 18).

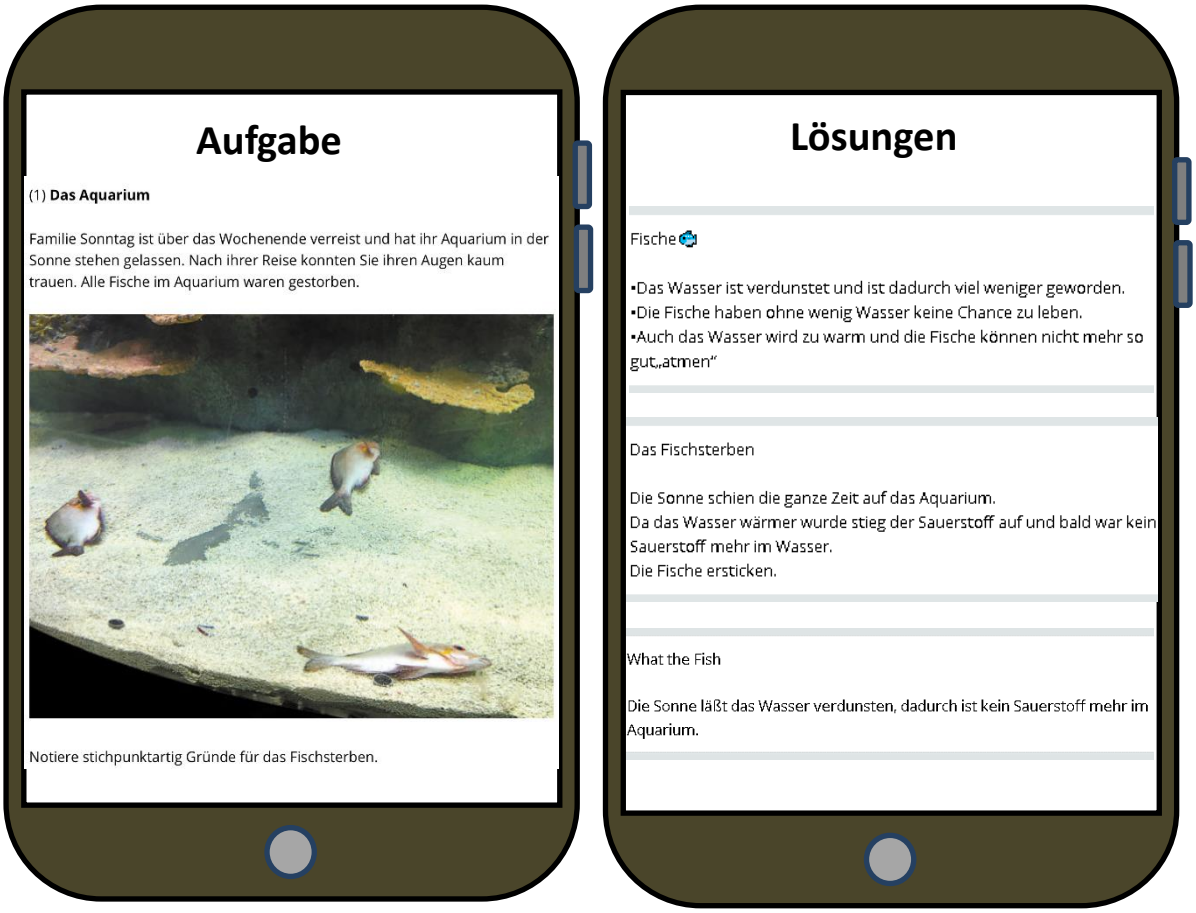


Abbildung 18: Aufgabe mit freier Texteingabe zum Einstieg in eine Unterrichtsstunde Klasse 6

Anhand des vorgestellten Sachkontextes wird ein Bezug zur Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler hergestellt und relevantes Vorwissen aktiviert. Zusätzlich bietet das Vorstellen ausgewählter Schülerantworten die Möglichkeit zur anschließenden Diskussion innerhalb der Klasse und zur Thematisierung fachsprachlicher bzw. umgangssprachlicher Ausdrucksweise. Ausgehend von diesem Problem kann eine zentrale Fragestellung initiiert werden, die anhand des folgenden Schülerexperiments überprüft wird. Innerhalb der Kontrollgruppe bietet sich eine Sammlung von Hypothesen und Vermutungen über ein Unterrichtsgespräch oder einer kurzen Partnerarbeit nach der Präsentation der Abbildung an.

Zudem kann die Unterrichtstunde auch durch das Beantworten einer Multiple-Choice-Aufgabe initiiert werden. Hier können auf einfache Weise Materialien, die von den Schülerinnen und Schülern zu Hause vorbereitet wurden, thematisiert werden oder ihre Meinungen zu einem Sachverhalt/Experiment eingeholt werden. Durch das Formulieren von falschen Antworten, die mögliche vorhandene Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler beinhalten, kann im Anschluss an die Abstimmung ein breites Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler initiiert werden. Die folgenden exemplarisch vorgestellte Beispielaufgabe (siehe Abbildung 19) stammt aus der 4. Doppelstunde der Unterrichteinheit der 6.Klasse.

Abbildung 19: Multiple-Choice-Aufgabe zum Einstieg in das Thema Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln

Der Einsatz des Student Response Systems ARSnova wird innerhalb des experimentellen Chemieunterricht dazu genutzt Messwerte der Schülergruppen aus einem Schülerexperiment zu erfassen (siehe 5. Stunde der Unterrichtseinheit der 6. Klasse) oder Beobachtungen in Form von freien Textantworten zu sammeln. Durch diese Vorgehensweise wird eine breite Beteiligung innerhalb der Klasse gewährleistet und die Schülerinnen und Schüler werden aktiviert. Zudem besteht die Möglichkeit anonym Deutungsansätze der Schülerinnen und Schüler zur Erklärung der Vorgänge des Experimentes in Form von freien Texteingaben zu generieren. Durch die anonyme Abgabe haben die Schülerinnen und Schüler weniger Hemmungen auch falsche Gedanken zu äußern (Wit, 2003). Zusätzlich besteht die Möglichkeit im Rahmen von Multiple-Choice-Aufgaben über bereits vorformulierte Deutungsansätze abzustimmen. Hierzu können entweder Aussagen zur Abstimmung gebracht werden, die als mögliche Deutungen in Frage kommen (siehe Abbildung 20)

Abbildung 20: Multiple-Choice-Aufgabe zur Deutung eines Experiments

oder über fiktive Schülerunterhaltungen abgestimmt werden, in denen Gedanken zur Deutung des Experiments geäußert werden. Hier kann auf sehr einfache Weise auch der Unterschied zwischen Fachsprache und Alltagssprache herausgearbeitet werden. ARSnova bietet die Möglichkeit ohne großen Aufwand auch Filmmaterial oder Bildmaterial mit in die Aufgabenstellungen einzubeziehen. Im Anschluss an die Präsentation des Films können so wesentliche Inhalte des Films zusammengefasst bzw. vorher festgelegte Fragestellungen beantwortet werden.

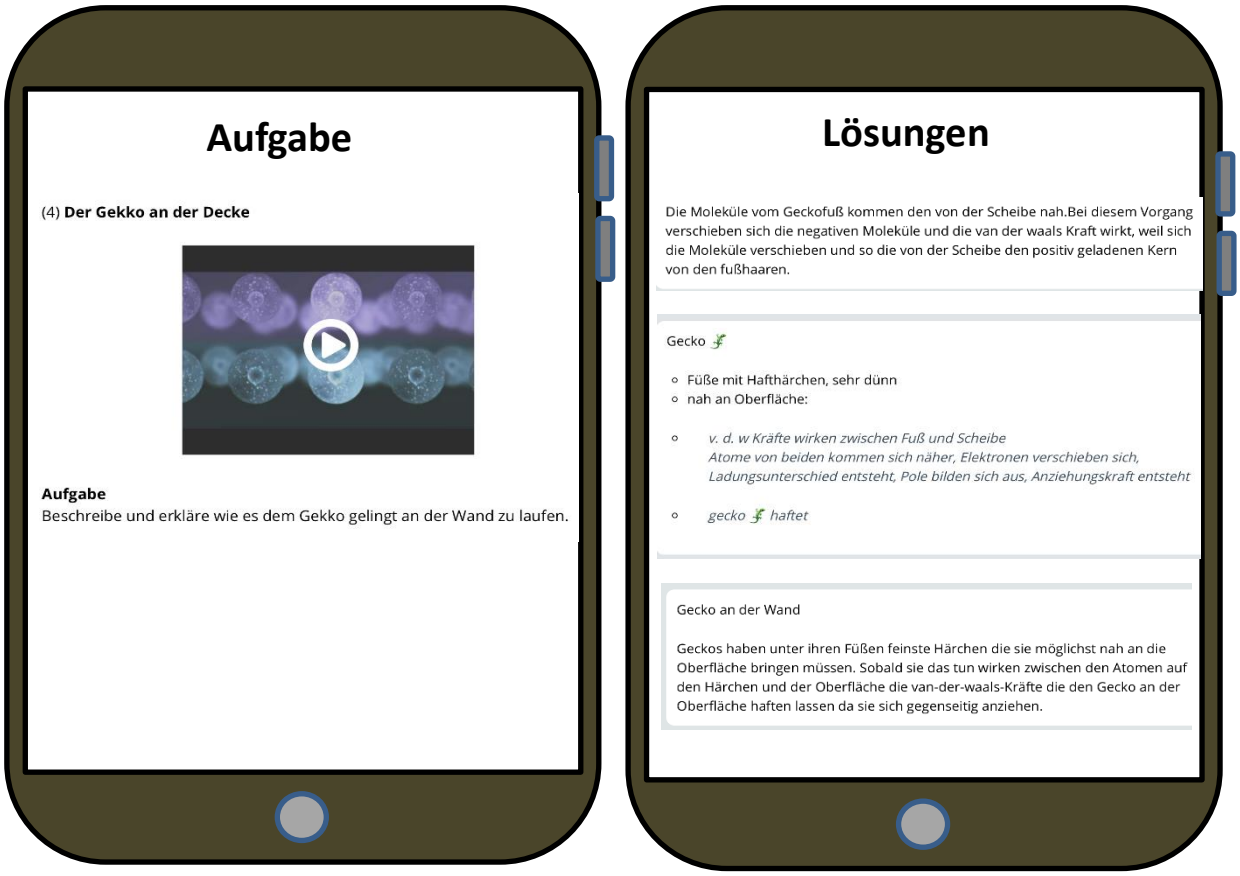
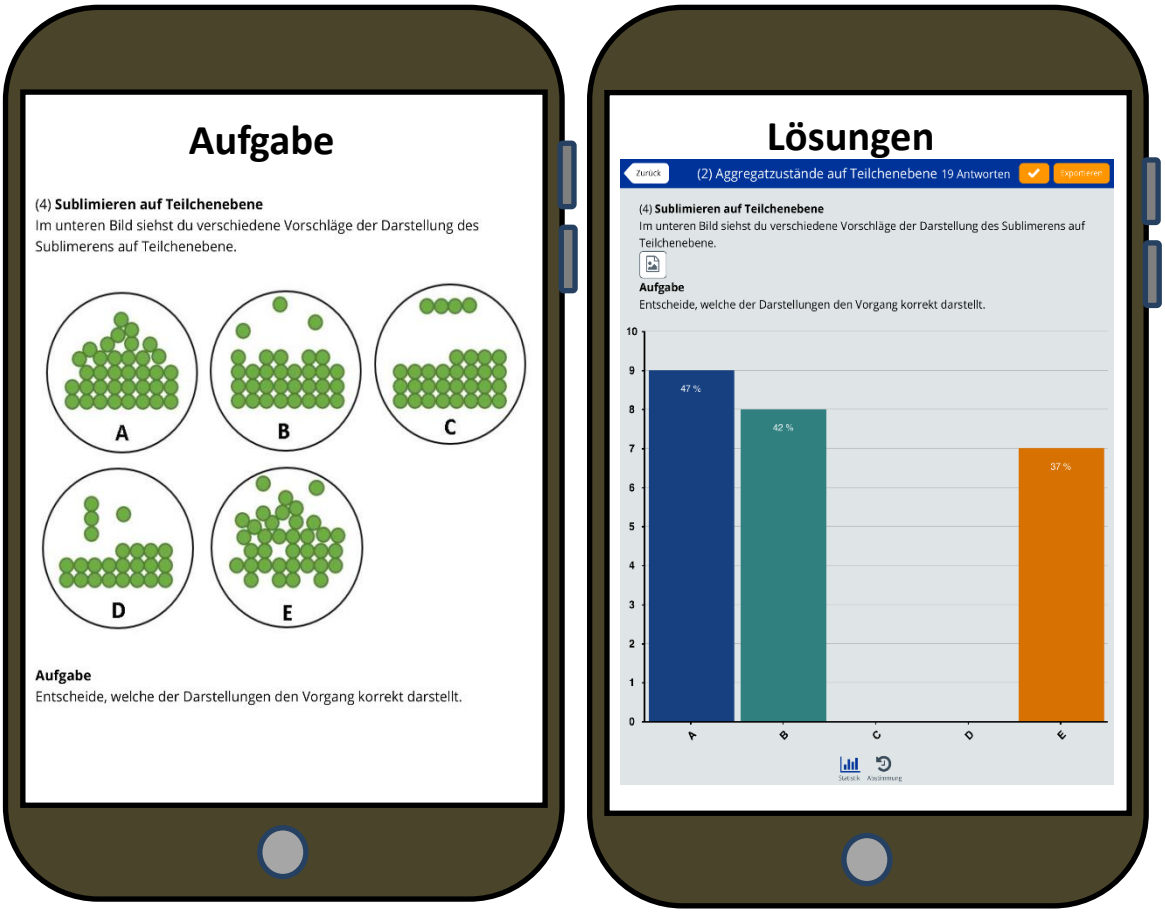


Abbildung 21: Aufgabe mit Filmbeitrag (Klasse 10)

So wurde im Rahmen der Unterrichtseinheit in der 10.Klasse ein Film darüber gezeigt, wie es dem Gecko gelingt, an der Decke zu laufen.[12] Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler bestand anschließend darin, diesen Vorgang mit eigenen Worten zu beschreiben und zu erklären. Die Aufgabenstellung als auch eine Auswahl der Schülerantworten sind der Abbildung 21 zu entnehmen. Im Rahmen der Unterrichtseinheit der 6. Klasse wurde beispielsweise ein Filmbeitrag zu den Aggregatzustandsänderungen im Teilchenmodell gezeigt.[13] Im Anschluss an den Film sollten die Schüler eine Multiple-Choice-Aufgabe zur Anordnung der Teilchen in den Aggregatzuständen beantworten. Durch die Möglichkeit Bildmaterial in die Aufgaben zu integrieren, können sehr variable Aufgabenstellungen erstellt werden. Insbesondere besteht die Möglichkeit, Bilder von Vorgängen auf Teilchenebene darzustellen. So wird beispielsweise in der Unterrichtseinheit der 6. Klasse das Sublimieren in unterschiedlichen Darstellungen auf Teilchenebene dargestellt und die Schülerinnen und Schüler müssen sich in einer Multiple-Choice-Frage für eine entsprechende Darstellung entscheiden (siehe Abbildung 22).

[12] Der Film ist unter der Adresse https://www.youtube.com/watch?v=oDuYYqskgAM abrufbar. (zuletzt habgerufen am: 19.08.2019)
[13] Der Film ist unter der Adresse https://www.youtube.com/watch?v=PTQicV7sg7Q abrufbar. (zuletzt abgerufen am: 19.08.2019)

Abbildung 22: Multiple-Choice-Aufgabe - Sublimieren auf Teilchenebene



4 Vorstellung der verwendeten Erhebungsinstrumente

4.1 Lernklima nach Bolte

Die aufgestellte **Forschungsfrage 1:**
Welche Auswirkungen auf das Lernklima lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova feststellen? soll anhand des Motivations-Lernklima-Modells von Claus Bolte und des vorliegenden Befragungsinstruments zum Lernklima (Bolte, 1996, 2004b) überprüft werden.
Das Motivations-Lernklima-Modell von Claus Bolte basiert auf der Annahme, dass eine anregend und positiv empfundene Lern-/ Unterrichtsatmosphäre sich positiv auf den fachbezogenen Lernerfolg auswirkt (Bolte, 2004a). Es geht davon aus, dass eine Behandlung von relevanten Themen, die von Schülerinnen und Schülern als bedeutungsvoll erachtet werden und ihrem Interesse entsprechen zu einer gesteigerten Partizipationsbereitschaft im Unterricht und schlussendlich zu einer Steigerung der Zufriedenheit im Unterrichtsgeschehen führt (Bolte, 2004a). Aus dieser intrinsisch motivierten Beschäftigung mit relevanten Themen sollen dann komplexere und differenzierte Wissensstrukturen entstehen (Bolte, 2004a). Neben diesen drei Faktoren Zufriedenheit, Partizipationsbereitschaft und Relevanz der Themen spielen für die Erklärung von Lern- und Motivationsprozessen im Chemieunterricht durch das Motivations-Lernklima-Modell noch drei weitere lerntheoretische und sozialpsychologische Faktoren eine entscheidende Rolle.
So sollten die kognitiven Anforderungen des Chemieunterrichts sich an den kognitiven Fähigkeiten und dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler orientieren (Bolte, 2004a). Die Inhalte sollten möglichst von den Schülerinnen und Schülern verstanden werden, um ihnen Erfolgserlebnisse zu ermöglichen (Bolte, 1996). Des Weiteren spielt die aktive Teilnahme am Unterrichtsgeschehen eine entscheidende Rolle. Den Schülerinnen und Schülern sollte die Möglichkeit gegeben werden die Lerninhalte möglichst eigenständig zu erarbeiten. Das Lernverhalten eines einzelnen wird zudem nicht nur intrinsisch, sondern auch extrinsisch z.B. durch soziale Vergleichsprozesse beeinflusst (Bolte, 2004a).
Insgesamt besteht das Motivations-Lernklima-Modell aus folgenden sechs Lernklima-Dimensionen (Bolte, 1996, S. 27):

Dimension A: Allgemeine Zufriedenheit mit dem Chemieunterricht
Dimension B: Verständlichkeit/ Anforderungen
Dimension C: Relevanz der Themen
Dimension D: Partizipationsmöglichkeiten – Berücksichtigung der Schülerbeiträge
Dimension E: Mitarbeit der Klasse
Dimension F: Partizipationsbereitschaft der Lernenden

Drei der sechs Faktoren des Lernklima-Modells werden direkt von der Lehrkraft durch die Planung von Unterrichtsinhalten und Unterrichtsmethoden beeinflusst. Als unabhängige Variablen werden daher die drei Faktoren (Dimensionen): Anforderungen/Verständlichkeit, Relevanz der Themen sowie Partizipationsmöglichkeiten der Lernenden vorangestellt (Bolte, 2004a).

„Die Einschätzung dieser drei „Lehrer-Variablen“ durch die Lernenden soll die Ausprägung der abhängigen „Schüler-Variablen“ […] wesentlich beeinflussen.“ (Bolte, 2004a, S.3)

Bolte geht davon aus, dass auch zwischen den „Schüler-Variablen“ Zusammenhänge bestehen. Seiner Meinung nach wirkt sich die Wahrnehmung der Mitarbeit und Disziplin der Klasse auf die Partizipationsbereitschaft des Einzelnen aus und diese wiederum hat Einfluss auf die emotionale Zufriedenheit und kognitive Lernleistung (Bolte, 2004a). Die untere Abbildung veranschaulicht das Modell des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht.

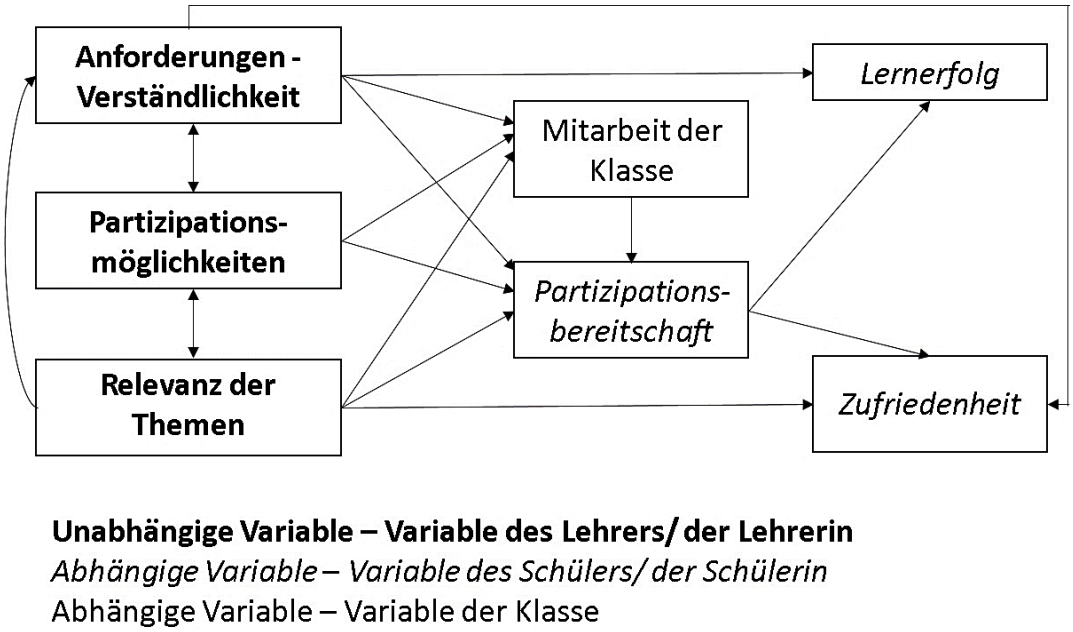


Abbildung 23: Modell zur Wirkungsweise des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht (Bolte, 2004a, S.3)

Das von Bolte (1996) entwickelte Befragungsinstrument zur Erfassung der sechs Lernklima-Dimensionen wurde im Zuge einer Optimierung um die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ ergänzt (Bolte, 2004b). Der für diese Studie verwendete Fragebogen zur Erfassung des Lernklimas basiert auf einer durch Frau Prof. Dr. Pietzner adaptierten Fassung des auf 14 Items verkürzten Fragebogens (mLK-ultra-kurz-Fassung). Zu jeder Lernklima-Dimension gehören zwei Items. Aus zeitökonomischen Gründen werden nicht alle sieben Lernklima-Dimensionen erfasst. Auf einer fünfstufigen Likert-Skala: (0): Stimmt nicht; (4): Stimmt genau werden die Dimensionen A-E des Lernklimas erfasst. Der für die Studie verwendete Fragebogen befindet sich im Anhang.

4.2 Lernmotivation

Zur Erfassung der Lernmotivation im Fach Chemie und der damit im Zusammenhang stehenden Überprüfung der aufgestellten

Forschungsfrage 2:

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Einflüsse auf die Lernmotivation feststellen?

und **Forschungsfrage 2a:**

Welche Einflüsse lassen sich durch die Verwendung von ARSnova im Chemieunterricht auf die intrinsische Lernmotivation, verschiedene Faktoren der extrinsischen Lernmotivation, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie feststellen? wird eine adaptierte und ergänzte deutschsprachige Version des *Academic Self-Regulation Questionaire (SRQ-A)*(Ryan & Connell, 1989) verwendet. Dieser Fragebogen wurde von Florian H. Müller, Barbara Hanfstingl & Irina Andreitz der Alpen-Adria Universität Klagenfurt entwickelt (Müller et. al., 2007) und von Thomas, A. & Müller, F. H. im Jahre 2011 überarbeitet und durch eine Skala zur Erfassung der Amotivation ergänzt (Thomas & Müller, 2011). Der Fragebogen basiert auf den theoretischen Hintergründen der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985). Die unterschiedlichen Handlungsmotive einer Person werden nicht als Gegenpole hinsichtlich extrinsischer und intrinsischer Motivation unterschieden, sondern differenzierter betrachtet. Im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie entwickelten Deci und Ryan neben der intrinsischen Motivation noch vier Formen der extrinsischen Motivation, die sich im Grad der Selbstbestimmung unterscheiden und fließend ineinander übergehen. (Deci & Ryan, 1985). Die folgende Grafik verdeutlicht das Kontinuum der Selbstbestimmung und stellt die vier Regulationsstile (external, introjiziert, identifiziert und integriert) hinsichtlich des Grades an wahrgenommener Selbstbestimmung dar.

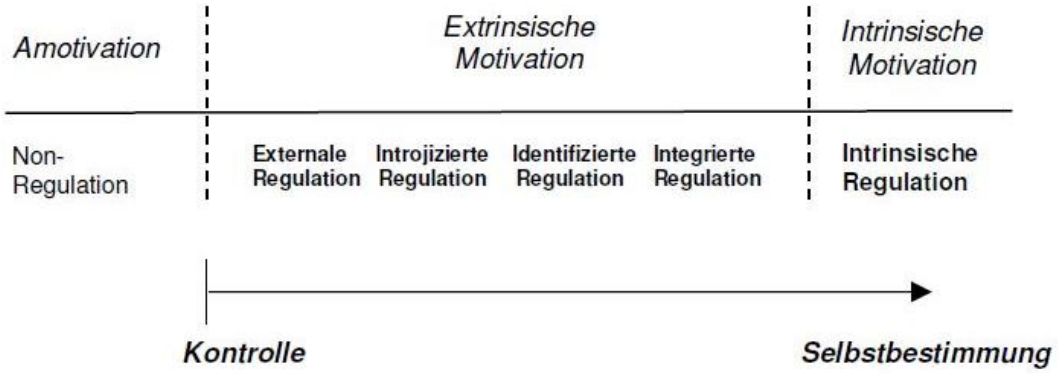


Abbildung 24: Kontinuum der Selbstbestimmung (Deci, 2002, S.16; Müller et. al., 2007, S.4)

Der verwendete Fragebogen (Thomas & Müller, 2011) erfasst neben der intrinsischen Regulation, die externale Regulation, introjizierte Regulation und identifizierte Regulation als unterschiedliche Ausprägungen der extrinsischen Motivation auf einer vierstufigen Likert-Skala (0): stimmt nicht , (3): stimmt voll. Jeder Regulationsstil wird durch drei bis vier Items erfasst. Aus den vier Regulationen lässt sich der Selbstbestimmungsindex berechnen, der eine Größe für das Maß der wahrgenommenen

Selbstbestimmung darstellt. Zusätzlich wird die Amotivation zum Fach Chemie der Schülerinnen und Schüler durch eine eigene Skala erfasst. Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang.

Weitere Fragen zum Lernen im Fach:

Bewerte bitte folgende Aussagen.	Stimmt voll	Stimmt eher	Stimmt eher nicht	Stimmt nicht
Ich lerne oft gar nicht mit im Chemieunterricht.	☐	☐	☐	☐
Wenn der Lehrer es nicht bemerkt, beschäftige ich mich mit anderen Dingen.	☐	☐	☐	☐
Der Chemieunterricht ist mir egal	☐	☐	☐	☐

Abbildung 25: Für die Studie adaptierte Skala zur Amotivation (Thomas & Müller, 2011)

4.3 Schulbezogene Selbstwirksamkeit

Im Rahmen der sozial-kognitiven Theorie von Bandura (1977a, 1977b, 1997) wird unter anderem angenommen, dass Verhalten bzw. Verhaltensänderungen durch subjektive Überzeugungen gesteuert werden. Hier spielen Handlungs-Ergebnis-Erwartungen bzw. Konsequenzerwartungen (outcome expectancies) und Selbstwirksamkeitserwartungen bzw. Kompetenzüberzeugungen (perceived self-efficay) eine entscheidende Rolle (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Während sich die Konsequenzerwartungen auf das für bestimmte Ergebnisse notwendige Verhalten und die zu erwartenden Folgen einer Handlung beziehen, wird im Rahmen der Selbstwirksamkeitserwartung abgeschätzt inwiefern man sich überhaupt in der Lage sieht, die entsprechende Handlung auszuführen. *„Selbstwirksamkeitserwartung wird definiert als die subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen aufgrund eigener Kompetenzen bewältigen zu können."* (Schwartzer & Jerusalem, 2002, S.35)

Sie spielt bei der Planung und Durchführen von Handlungen einer Person eine entscheidende Rolle. Während es bei der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung darum geht, abzuschätzen ob man über entsprechende Kompetenzen verfügt bestimmte schwierige Lebenssituationen und Herausforderungen zu bewältigen, thematisiert die schulbezogene Selbstwirksamkeitserfahrung die Einschätzung der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften bei der Bewältigung von schulischen Herausforderungen. Selbstwirksame Schülerinnen und Schüler setzen sich höhere Leistungsziele, und zeigen mehr Ausdauer und Anstrengung bei der Bewältigung von Aufgaben. Sie verfügen unter anderem über ein effektiveres Arbeitszeitmanagement und eine größere Flexibilität beim Entwickeln von Problemlösungsstrategien (Bandura, 1997). Nach Bandura (1997) kann die Selbstwirksamkeitserwartung durch vier Quellen beeinflusst werden: (1) Eigene Erfolgserfahrungen, (2) stellvertretende Erfahrungen durch Beobachtung von Verhaltensmodellen, (3) verbale Überzeugungen, (4) Wahrnehmung eigener Gefühle. Den stärksten Einfluss auf die Selbstwirksamkeit üben Erfolgserfahrungen aus, die den eigenen Anstrengungen und Fähigkeiten zugeschrieben werden.

Zur Erfassung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung wird ein von Jerusalem & Satow (1999) entwickelter Fragebogen verwendet. Die Skala umfasst sieben Items (siehe Abbildung 26), die auf einer vierstufigen Likert-Skala: (0) trifft nicht zu, (1) trifft kaum zu, (2) trifft eher zu und (3) trifft genau zu, zu beantworten sind.

Abbildung 26: Fragebogen zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (Jerusalem & Satow, 1999)

Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	Trifft genau zu	Trifft eher zu	Trifft kaum zu	Trifft nicht zu
Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.	☐	☐	☐	☐
Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.	☐	☐	☐	☐
Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.	☐	☐	☐	☐
Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.	☐	☐	☐	☐
Wenn der Lehrer/ die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen.	☐	☐	☐	☐
Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.	☐	☐	☐	☐

4.4 Fragebogen zur Erfassung der Bedienbarkeit von ARSnova

Zur Erfassung der Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova wird die von John Brooke im Jahre 1996 veröffentlichte System Usability Scale (SUS) verwendet. Bangor et al. (2008) sehen die Vorteile der Skala in ihrer universellen Einsetzbarkeit, in der schnellen und einfachen Verwendung für Probanden und Untersuchungsleiter, ihrem kostenlosen und öffentlichen Zugang und in der einfach zu interpretierenden Auswertung. In ihrer Analyse der System Usability Scale kommen Sie daher zu folgendem Schluss (Bangor et al., 2008, S.574): *„Results from the analysis of this large number of SUS scores show that the SUS is a highly robust and versatile tool for usability professionals.“*

Die Skala besteht aus 10 Aussagen, deren Grad der Zustimmung auf einer 5-stufigen Likert-Skala: (0) stimmt nicht; (4) stimmt genau, beantwortet werden müssen. Insgesamt enthält die ursprüngliche Skala sowohl fünf positiv als auch fünf negativ formulierte Aussagen. Nach Brooke (1996) hat die Interpretation der Bewertung der Aussagen eines einzelnen Items keine Aussagekraft. Zur Auswertung der Skala werden daher die negativ formulierten Items umcodiert, die entsprechenden Zahlenwerte der Bewertung der Aussagen anschließend addiert und mit dem Faktor 2,5 multipliziert (Brooke, 1996). Der dadurch erhalte Wert („System Usability Score“) liegt zwischen 0 und 100.

Zur Interpretation des erhaltenen SUS-Werts machen Bangor et al. (2008, S. 592) folgenden Vorschlag: *„… products which are at least passable have SUS scores above 70, with better products scoring in the high 70s to upper 80s. Truely superior products score better than 90. […] Products with scores less than 50 should be cause for significant concern and are judged to be unacceptable."* Genauere Einschätzungen der ermittelten Punktzahl sind der folgenden Grafik (Bangor et al., 2008) zu entnehmen.

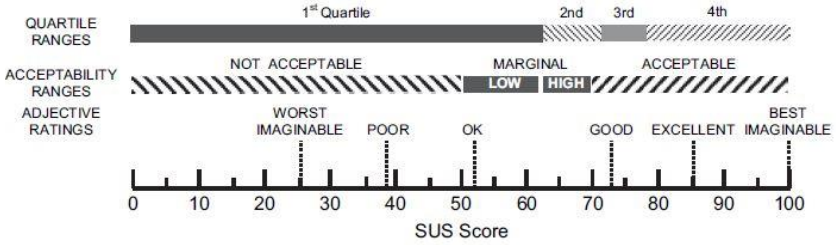


Abbildung 27: Einschätzung der ermittelten Punktzahl für die System Usability (Bangor et al., 2008, S.592)

In der Literatur finden sich weitere Vorschläge zur Interpretation der ermittelten Werte für die System Usability. Sauro (2011) hat anhand der Untersuchung von 446 Studien als Durchschnittswert eine SUS Score von 68 ermittelt und durch Berechnungen SUS-Punktzahlen in entsprechende Perzentile überführt. Sauro & Lewis (2012) haben diese Perzentile benutzt, um die „Sauro-Lewis curved grading scale" zu entwickeln (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Sauro - Lewis curved grading scale (CGS) aus Lewis (2018)

SUS Score range	Grade	Percentile range
84,1 - 100	A+	96 - 100
80,8 – 84,0	A	90 – 95
78,9 – 80,7	A-	85 – 89
77,2 – 78,8	B+	80 – 84
74,1 – 77,1	B	70 – 79
72,6 – 74,0	B-	65 – 69
71,1 – 72,5	C+	60 – 64
65,0 – 71,0	C	41 – 59
62,7 – 64,9	C-	35 – 40
51,7 – 62,6	D	15 – 34
0,0 – 51,6	F	0 – 14

Dem von Sauro (2011) ermittelten Durchschnittswert für den SUS-Wert von 68 wird in dieser Skala der Rang C und ein Perzentil von 50 % zugewiesen. Diese Skala ist eine gute Richtline für die Beurteilung der wahrgenommenen Bedienbarkeit von unterschiedlichen Systemen (Lewis, 2018).

Als Grundlage für den verwendeten, adaptierten Fragebogen (siehe Abbildung 28) dient eine bereits vorhandene deutsche Übersetzung des Fragebogens. Die Übersetzung wurde von Wolfgang Reinhardt einem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Universität Paderborn durch ein crowdsourcing project initiiert.

■ Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	**Stimmt genau**				**Stimmt nicht**
Ich denke, dass ich ARSnova gerne häufig im Unterricht benutzen würde.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova unnötig komplex.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova einfach zu benutzen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person (meines Lehrers oder eines Erwachsenen) benötigen, um ARSnova benutzen zu können.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand die verschiedenen Funktionen von ARSnova waren gut integriert (erreichbar).	☐	☐	☐	☐	☐
Ich denke, ARSnova enthielt zu viele Inkonsistenten.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Schüler den Umgang mit ARSnova sehr schnell erlernen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova sehr umständlich zu nutzen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fühlte mich bei der Benutzung von ARSnova sehr sicher.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte ARSnova zu verwenden.	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 28: Adaptierte Version der Skala zur System Usability

Mit Unterstützung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Firma SAP wurde eine Übersetzung der Skala angefertigt, die unter der Adresse https://experience.sap.com/files/System_Usability_Scale_A4_DE.doc (Letzter Aufruf: 07.08.2019) abrufbar ist.

4.5 Entwicklung und Pilotierung der eigenen Erhebungsinstrumente

4.5.1 Fragebögen zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und Meinung zum Unterricht mit ARSnova

Der Fragebogen zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit beinhaltet 14 Items, der zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova 11 Items, die auf einer fünfstufigen Rating-Skala ((0) stimmt nicht; (4) stimmt genau) zu beantworten sind.

Bei der Formulierung der Items wurden in Anlehnung an Bühner (2011, S.136 ff.) und Roeder (2006, S. 637 ff.) folgende Aspekte berücksichtigt:

- Formulierung der Items als Statement,
- Kurze, präzise und verständliche Formulierung in Ich-Form,
- Vermeidung von direkter Negation und Extremformulierungen,
- Beantwortung der Items erfolgt unabhängig voneinander,
- Zufällige Anordnung der Items zur Vermeidung von Positionseffekten,
- Nur ein sachlicher Gedanke/Inhalt pro Item,
- Vermeiden von Extremformulierungen,
- Vermeiden von Verallgemeinerungen und doppelten Verneinungen
- Verzicht auf Fremdwörter und Abkürzungen
- Verwendung von sowohl positiv als auch negativ gepolten Items

Folgenden Items wurden in beiden Fragebögen verwendet. Die für die Erhebung verwendeten Fragebögen befinden sich im Anhang.

Meinung zum Unterricht mit ARSnova

- Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.
- Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.
- Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.
- Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.
- Der Lehrer sollte auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.
- Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir Spaß gemacht.
- Durch ARSnova habe mehr über das Thema nachgedacht als sonst.
- Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.
- Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.
- Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.
- Durch das Einbinden von Fragen über ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.

Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit:

Aufmerksamkeit:

- Ich höre meinen Mitschülern und meinem Lehrer immer aufmerksam zu.
- Während des Chemieunterrichts spreche ich häufig mit meinem Nachbarn über andere Dinge.
- Wenn meine Mitschüler etwas erklären, höre ich aufmerksam zu.
- Während des Chemieunterrichts bin ich sehr aufmerksam.

- Im Chemieunterricht bin ich immer gedanklich bei der Sache.
- Ich habe keine Probleme mich über einen längeren Zeitraum mit dem Thema zu beschäftigen.
- Im Chemieunterricht weiß ich immer was zu tun ist.

Mitarbeit:

- Im Chemieunterricht sage ich gerne etwas zum Thema.
- Ich bringe meine Gedanken und Ideen in den Unterricht ein.
- Ich beteilige mich bei der Auswertung von Experimenten.
- Im Chemieunterricht arbeite ich regelmäßig mit.

Konzentration:

- Ich habe häufig Probleme dem Unterrichtsverlauf zu folgen.
- Häufig fällt es mir schwer mit einer Aufgabe zu beginnen.
- Im Chemieunterricht habe ich Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.

4.5.1.1. Pilotierung der Fragebögen zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und der Meinung zum Unterricht mit ARSnova

Zunächst wurden die ursprüngliche Form der Fragebogenentwürfe im Schuljahr 2017/2018 von einigen Schülerinnen und Schülern auf Verständlichkeit überprüft und die Bearbeitungszeit getestet. Anschließend wurden die modifizierten Fassungen unter Testbedingungen durch Schülerinnen und Schüler zweier 6. Klassen und einer 11. Klasse pilotiert. Der Stichprobenumfang lag bei N = 65. Anschließend wurden im Rahmen einer Itemanalyse gemäß der klassischen Testtheorie die Schwierigkeit der Items und die jeweiligen Trennschärfen berechnet und bewertet. Nach Bortz und Döring (2016, S.476) wird auch die Prüfung der Dimensionalität des Messinstruments der Itemanalyse zugeordnet. Hierzu wird als Unteraspekt der Konstruktvalidität die Dimensionalität des Tests anhand einer Hauptkomponentenanalyse in SPSS überprüft. Anschließend werden für die einzelnen Subskalen die Homogenität anhand des Reliabilitätskoeffizienten nach Cronbachs Alpha berechnet. Folgende Reihenfolge wurde bei der Itemanalyse der Fragebögen angewendet:

1. Eingabe und Codierung der Daten in SPSS (Version 22),
2. Umkodierung der negativ formulierten Items,
3. Überprüfung der faktoriellen Validität durch Durchführen einer explorativen Faktorenanalyse,
4. Berechnung der Reliabilitätskoeffizienten nach Cronbachs Alpha für die Gesamtskala bzw. für die Unterskalen,
5. Berechnung der Trennschärfen und Schwierigkeitsindices der Items.

Itemanalyse der Fragebögen

Hauptkomponentenanalyse

Als Kriterien für die Bewertung der Durchführbarkeit einer Hauptkomponentenanalyse haben sich die Berechnung des Kaiser-Meyer-Olkin-Koeffizienten und der Bartlett-Test bewährt (vgl. Bühner 2011, S.346). Nach Bühner (2011, S.346) erhält man den KMO-Koeffizienten, indem man den gemeinsamen Varianzanteil aller Items miteinander bestimmt und diesen durch die Summe des gemeinsamen Varianzanteils zwischen allen Items addiert mit der Summe der quadrierten Partialkoeffizienten teilt. Der Wert des KMO-Koeffizienten liegt zwischen 0 und 1. Werte größer als 0,6 werden in der Regel als ausreichend und Werte größer als 0,8 als gut angesehen (Bühner 2011, S.347).
Der Bartlett-Test überprüft, ob die Korrelationsmatrix gleich der Einheitsmatrix ist. Es wird also überprüft, ob die Nullhypothese H_0: „Alle Variablen liegen unkorreliert vor, die Korrelationskoeffizienten betragen Null.“ zutrifft.
Nach Bühner (2011, S.347 ff.) hängt der Ausgang des Bartlett-Tests von der Stichprobengröße ab und stellt bei ausreichender Stichprobengröße ($N \geq 65$) eine Minimalbedingung dar, die für das Durchführen einer Hauptkomponentenanalyse erfüllt sein sollte.
Die unten angegebene Tabelle 7 zeigt, dass die Voraussetzungen für das Durchführen einer Hauptkomponentenanalyse sowohl für den Fragebogen zur Erfassung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit, als auch für den Fragebogen zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova erfüllt sind. Die mit SPSS ermittelten Wert für den KMO-Koeffizienten liegen im Bereich größer als 0,8 und können als gut eingestuft werden. Die angegebene Signifikanz von 0,00 beim Bartlett-Test bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von nahezu 100 % die Nullhypothese abgelehnt wird, also eine Korrelation zwischen den Variablen vorliegen muss.

Tabelle 7: KMO und Bartlett-Test

Fragebogen	Kaiser-Meyer-Olkin-Maß	Bartlett-Test auf Spärizität		
		Nährungsweise-Chi-Quadrat	df	Signifikanz
Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit	0,836	506,689	120	0,000
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	0,872	610,465	55	0,000

Hauptkomponentenanalyse des Fragebogens zur Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit

Die Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Transformation (siehe Tabelle 8) zeigt, dass sich drei Faktoren unterscheiden lassen, die inhaltlich den Dimensionen Aufmerksamkeit (1.Faktor), Mitarbeit (2. Faktor) und Konzentration (3. Faktor) zuordnen lassen. Der Eigenwerteverlauf zeigt sich wie folgt: 6,156 (1.Faktor), 1,821 (2. Faktor), 1,355 (3. Faktor) und 0,812 (4.Faktor). Die drei-faktorielle Lösung klärt insgesamt 66,655 % der Gesamtvarianz auf, wobei 43,968 % auf den 1. Faktor, 13,008 % auf den 2. Faktor und 9,679 auf den dritten Faktor entfallen. Betrachtet man die einzelnen Ladungen in der unten angegebenen Tabelle, so fallen einzelne schwache Querladungen auf. Das Item: „Im Chemieunterricht arbeite ich regelmäßig mit.“ lädt hoch auf den 2. Faktor Mitarbeit und weist Querladungen von 0,343 auf den 1. Faktor Aufmerksamkeit und 0,370 auf den 3. Faktor Konzentration auf. Dieses lässt sich theoretisch erklären, da eine regelmäßige Mitarbeit immer auch ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit und Konzentration voraussetzt. Eine Ausnahme bildet das Item „Während des Chemieunterrichts bin ich sehr aufmerksam.“, welches relativ hoch auf den 2. Faktor lädt. Hier bietet sich eventuell eine zukünftige Revision des Items an.

Tabelle 8: Hauptkomponentenanalyse mit Varimax Rotation

	FAKTOREN		
AUFMERKSAMKEIT	**1**	**2**	**3**
ICH HÖRE MEINEN MITSCHÜLERN UND MEINEM LEHRER IMMER AUFMERKSAM ZU.	**0,814**	0,253	
WÄHREND DES CHEMIEUNTERRICHTS SPRECHE ICH HÄUFIG MIT MEINEM NACHBARN ÜBER ANDERE DINGE	**0,749**		0,279
WENN MEINE MITSCHÜLER ETWAS ERKLÄREN, HÖRE ICH AUFMERKSAM ZU.	**0,742**	0,297	
WÄHREND DES CHEMIEUNTERRICHTS BIN ICH SEHR AUFMERKSAM.	**0,740**	0,439	
IM CHEMIEUNTERRICHT BIN ICH IMMER GEDANKLICH BEI DER SACHE	**0,711**		
ICH HABE KEINE PROBLEME MICH ÜBER EINEN LÄNGEREN ZEITRAUM MIT DEM THEMA ZU BESCHÄFTIGEN.	**0,673**	0,340	
IM CHEMIEUNTERRICHT WEIß ICH IMMER WAS ZU TUN IST.	**0,669**		
MITARBEIT			
IM CHEMIEUNTERRICHT SAGE ICH GERNE ETWAS ZUM THEMA.	0,283	**0,855**	
ICH BRINGE MEINE GEDANKEN UND IDEEN IN DEN UNTERRICHT EIN.	0,262	**0,853**	
ICH BETEILIGE MICH BEI DER AUSWERTUNG VON EXPERIMENTEN.		**0,850**	
IM CHEMIEUNTERRICHT ARBEITE ICH REGELMÄßIG MIT.	0,343	**0,622**	0,370
KONZENTRATION			
ICH HABE HÄUFIG PROBLEME DEM UNTERRICHTSVERLAUF ZU FOLGEN.			**0,797**
HÄUFIG FÄLLT ES MIR SCHWER MIT EINER AUFGABE ZU BEGINNEN.			**0,787**
IM CHEMIEUNTERRICHT HABE ICH SCHWIERIGKEITEN MICH ZU KONZENTRIEREN.	0,398		**0,602**

Anmerkung: Querladungen kleiner als 0,25 werden im Zuge der besseren Übersicht nicht angegeben.

Hauptkomponentenanalyse des Fragebogens zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova

Die Hauptkomponentenanalyse zeigt, dass die ausgewählten 11 Items alle gemeinsam auf einen Faktor laden (siehe Tabelle 9). Die Faktorladungen liegen mit Werten zwischen 0,678 und 0,910 im guten Bereich (Bort & Döring, 2016). Die einfaktorielle Lösung klärt insgesamt 63,881 % der Gesamtvarianz auf.

Tabelle 9: Komponentenmatrix - Fragebogen Einstellung zum Unterricht mit ARSnova

Item	Faktor 1
Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.	**0,870**
Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.	**0,738**
Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.	**0,847**
Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.	**0,794**
Die Lehrer sollten auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.	**0,882**
Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir Spaß gemacht.	**0,790**
Durch ARSnova habe ich mehr über das Thema nachgedacht als sonst.	**0,768**
Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.	**0,748**
Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.	**0,678**
Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.	**0,910**
Durch das Einbinden von Fragen über ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.	**0,735**

Reliabilitäten der Fragebögen

Im Anschluss an die Hauptkomponentenanalyse wurden die Reliabilitäten durch die Berechnung des Reliabilitätskoeffizienten nach Cronbach Alpha berechnet. Es zeigt sich, dass der eindimensionale Fragebogen zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova eine hohe Reliabilität aufweist, da der Wert des Reliabilitätskoeffizienten über 0,9 liegt (Bühner, 2011).

Tabelle 10: Reliabilität des Fragebogens zur Meinung des Unterrichts mit ARSnova

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
0,942	11

Untersucht man die Reliabilitäten der drei Subskalen zur Erfassung der Einschätzung zur Konzentration, Aufmerksamkeit und Mitarbeit im Chemieunterricht, so fallen die Reliabilitätskoeffizienten nach Cronbachs Alpha unterschiedlich aus. Sie liegen jedoch alle über den kritischen Wert von 0,65 (Bortz und Schuster, 2010). Den schlechtesten Wert erreicht die Subskala zur Erfassung der Konzentration mit einem Wert für Cronbachs Alpha von 0,658. Im Rahmen einer zukünftigen Revision des Fragebogens könnte die Skala zur Erhöhung der Homogenität um ein weiteres Item ergänzt oder die vorhandenen Items umformuliert werden.

Tabelle 11: Reliabilitäten der Subskalen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration

Unterskala	Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
Aufmerksamkeit	0,886	7
Mitarbeit	0,868	4
Konzentration	0,658	3

Itemschwierigkeit und Itemtrennschärfe

Im weiteren Verlauf wurden die Itemschwierigkeiten und Itemtrennschärfen der in den Fragebögen verwendeten Items berechnet. Die Bestimmung der Schwierigkeit eines Items gibt an, wie hoch die Lösung- bzw. Zustimmungsrate eines Items ist, so werden beispielsweise schwierige Items nur von wenigen Testpersonen bejaht bzw. gelöst (Bortz und Döring, 2016 S.476). Zur Bestimmung der Itemschwierigkeiten wird der Schwierigkeitsindex eines jeden Items der Fragebögen berechnet. Die Items der Fragebögen sind auf einer 5-stufigen Ratingskala zu beantworten, wobei 0 starker Ablehnung und 4 starker Zustimmung entsprechen. Es wird somit davon ausgegangen, dass die erfassten Messwerte intervallskaliert vorliegen.[14] Der Schwierigkeitsindex der Items wird daher über den Mittelwert inklusive Standardabweichung berechnet. Dieser sollte idealerweise zwischen 0,2 und 0,8 liegen, da extrem leichte Items, die von fast allen Schülerinnen und Schülern bejaht bzw. richtig gelöst werden und extrem schwierige Items, die von fast allen Schülerinnen und Schülern abgelehnt bzw. falsch gelöst werden, wenig Aussagekraft besitzen und nicht genug zwischen den unterschiedlichen Schülerinnen Schülern differenzieren (vgl. Bortz und Döring, 2016 S.477). Im Rahmen der Auswertung der Fragebögen wird zusätzlich noch der prozentuale Schwierigkeitsindex P eines Items und der Skala angegeben.

„Die Trennschärfe eines Items („item discriminability“) sagt aus, wie gut die Beantwortung des betreffenden Items das Gesamttestergebnis vorhersagt.“ (Bortz und Döring, 2016 S.478) Die Trennschärfe eines Items wird über die Berechnung von korrigierten Trennschärfekoeffizienten angegeben, die die Korrelation des Items mit dem Gesamttestwert wiedergeben. In der Literatur (Weise, 1975, S.219) werden Werte für den Trennschärfekoeffizienten zwischen 0,3 und 0,5 als mittelmäßig und Werte größer als 0,5 als hoch eingestuft. Weist eine Aussage eines Items zur Erfassung der Mitarbeit eine hohe Trennschärfe auf, so wird diese von den Schülerinnen und Schülern, die im Gesamtergebnis ihre Mitarbeit als gut einschätzen, eher zugestimmt als von Schülerinnen und Schülern, die im Gesamtergebnis ihre Mitarbeit eher schlecht einschätzen. Die Trennschärfe eines Items hängt jedoch von seiner Schwierigkeit ab (Bortz und Döring, 2016 S.478). Die beiden Tabellen 12 und 13 zeigen die Skalenstatistiken der beiden Fragebögen, insbesondere der prozentualen Schwierigkeitsindices P der Items und der Itemtrennschärfen für die durchgeführte Pilotierung. Die Mittelwerte der beiden Fragebögen können durch die verwendete Ratingskala von 0 – 4 zwischen dem

[14] Streng genommen liegen Ratingskalen selten intervallskaliert, sondern ordinalskaliert vor. Hier müsste der Median als Schwierigkeitsindex verwendet werden, jedoch wird der Mittelwert als Schwierigkeitsindex bei Ratingskalen bevorzugt. (Bühner, 2011)

Mittelwert 0 und dem Mittelwert 4 liegen, wobei die Schwierigkeit eines Items mit zunehmendem Mittelwert abnimmt. Betrachtet man nun die den Fragebogen zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova, so stellt man fest, dass für die gewählte Stichprobe die Mittelwerte zwischen 1,9077 und 3,4462 liegen. Die prozentualen Schwierigkeitsindices der einzelnen Items des Fragebogens liegen somit zwischen 47,69 % und 86,16 %. Die meisten Items weisen eine mittlere Schwierigkeit auf. Lediglich zwei Items überschreiten den geforderten Wert von 80 % und sind daher etwas zu leicht konzipiert. Der prozentuale Schwierigkeitsindex der gesamten Skala liegt bei 69,00 %. Die Trennschärfe der Items der Skala ist mit Werten größer als 0,5 durchweg hoch. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Items genügend zwischen einer positiven und einer negativen Meinung der Schülerinnen und Schüler zum Unterricht mit ARSnova differenzieren. Die höchste Trennschärfe weist das Item 13 mit der Aussage „Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.“ auf. Schülerinnen und Schüler, die diese Aussage ablehnen, haben tendenziell auch eine positive Meinung zum Unterricht mit ARSnova.

Tabelle 12: Skalenstatistik des Fragebogens zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova

Fragebogen zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Mittelwert	SD	P	Itemtrenn-schärfe	Cronbachs Alpha, wenn Item gelöscht
Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser. (umcodiert)	3,0308	1,28658	75,77	0,828	0,933
Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.	2,4000	1,16994	60,00	0,686	0,939
Das Beantworten der Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.	2,6923	1,26149	67,31	0,808	0,934
Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.	2,3846	1,34272	59,62	0,746	0,937
Der Lehrer sollte auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.	3,0308	1,38032	75,77	0,842	0,933
Das Beantworten von Fragen in ARSvoa hat mir Spaß gemacht.	3,4462	1,04628	86,16	0,735	0,938
Durch ARSnova habe ich mehr über das Thema nachgedacht als sonst.	2,6923	1,18484	67,31	0,726	0,937
Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.	2,3846	1,35430	59,62	0,701	0,939
Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.	1,9077	1,33139	47,69	0,624	0,942
Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben. (umcodiert)	3,1538	1,27758	78,85	0,875	0,931
Durch das Einbinden von ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.	3,2344	1,20504	80,86	0,671	0,940

Die Fragebogenitems zur Erfassung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit weisen Mittelwerte zwischen 2,4462 und 2,9692 auf. Berechnet man daraus die prozentualen Schwierigkeitsindizes der Items, so ergeben sich Werte zwischen 61,16 % und 74,23 %. Es zeigt sich, dass alle Items anhand der untersuchten Stichprobe mittlere Schwierigkeiten aufweisen. Der durchschnittliche prozentuale Schwierigkeitsindex der drei Skalen beträgt für die Subskala zur Einschätzung der Aufmerksamkeit 69,61 %, für die Subskala zur Einschätzung der Mitarbeit 67,19 % und für die Subskala zur Einschätzung der Konzentration 69,27 %. Alle drei Skalen weisen somit eine durchschnittlich mittlere Itemschwierigkeit auf. Untersucht man die Trennschärfen der einzelnen Items bezogen auf die jeweilige Unterskala, so stellt man fest, dass fast durchgängig Items mit hohen Trennschärfen vorliegen. Lediglich zwei Items der Subskala zur Einschätzung der Konzentration weisen mit Werten von 0,434 bzw. 0,435 mittlere Trennschärfen auf. Die ermittelten Werte zeigen, dass der konzipierte Fragebogen in allen drei Subdimensionen ausreichend zwischen Schülerinnen und Schülern, die Ihre Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration hoch und Schülerinnen und Schülern, die diese niedrig einschätzen differenziert.

Tabelle 13: Skalenstatistik des Fragebogens zur Erfassung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration

	Mittelwert	SD	P	Itemtrenn-schärfe	Cronbachs Alpha
Aufmerksamkeit					**0,886**
Ich höre meinen Mitschülern und meinem Lehrer immer aufmerksam zu.	2,8308	1,02423	70,77	0,807	
Während des Chemieunterrichts spreche ich häufig mit meinem Nachbarn über andere Dinge.	2,5692	1,13150	64,23	0,602	
Wenn meine Mitschüler etwas erklären, höre ich aufmerksam zu.	2,9692	,88334	74,23	0,678	
Während des Chemieunterrichts bin ich sehr aufmerksam.	2,7692	,89738	69,23	0,757	
Im Chemieunterricht bin ich immer gedanklich bei der Sache.	2,8154	,86408	70,38	0,689	
Ich habe keine Probleme mich über einen längeren Zeitraum mit dem Thema zu beschäftigen.	2,8154	1,19755	70,38	0,666	
Im Chemieunterricht weiß ich immer was zu tun ist.	2,7656	,84969	68,08	0,608	
Mitarbeit					**0,868**
Im Chemieunterricht sage ich gerne etwas zum Thema.	2,5385	1,06179	63,46	0,789	
Ich bringe meine Gedanken und Ideen in den Unterricht ein.	2,4462	1,00048	61,16	0,778	
Ich beteilige mich bei der Auswertung von Experimenten.	2,8308	0,97739	70,77	0,695	
Im Chemieunterricht arbeite ich regelmäßig mit.	2,9385	1,02891	73,38	0,624	
Konzentration					**0,658**
Ich habe häufig Probleme dem Unterrichtsverlauf zu folgen.	2,9531	1,11881	73,83	0,544	
Häufig fällt es mir schwer mit einer Aufgabe zu beginnen.	2,7500	1,20844	68,75	0,435	
Im Chemieunterricht habe ich Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.	2,6094	1,12147	65,24	0,434	

4.6 Entwicklung und Pilotierung der Leistungstests

Wie bereits in Kapitel 3.3.3 angesprochen, spielt bei der Konstruktion eines Leistungstests, der den Wissensstand der Schülerinnen und Schüler in einem Fachgebiet erfassen soll, die Inhaltsvalidität eine große Rolle. Die konzipierten Leistungstests bilden die zentralen Inhalte der durchgeführten Unterrichtseinheit ab. Im Sinne einer Expertenbeurteilung wurden sie im Vorfeld der Pilotierung durch die Lerngruppen von den beteiligten Lehrkräften gesichtet und beurteilt. Die Pilotierung der Leistungstests der 6. Klassen erfolgte am Ende des Schuljahres 2017/2018 durch drei 6. Klassen (N=75), die des Leistungstests der 10. Klassen zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 durch drei 11. Klassen (N=80).

4.6.1 Leistungstest der Klasse 6

Der konzipierte Leistungstest dient dazu die im Rahmen der Unterrichtseinheit vermittelten Unterrichtsinhalte zu erfassen. Bei der Konzeption des Leistungstests wurde darauf geachtet, dass die wesentlichen Inhalte aller Doppelstunden Berücksichtigung finden. Ein zentraler Bestandteil der Unterrichtseinheit ist das Einführen und anschließende Verwenden eines einfachen Teilchenmodells, daher wird in vielen Aufgaben auch ein direkter Bezug zum Teilchenmodell hergestellt. So müssen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise in Aufgabe 2 den drei Aggregatzuständen fest, flüssig, gasförmig vorgegebene Teilchenbilder zuordnen oder in Aufgabe 3 das Sublimieren mit Hilfe des Teilchenmodells zeichnerisch darstellen.

Der Wissenstest wurde am 20./21. Juni 2018 in drei 6. Klassen am Ende des Schuljahres pilotiert um die Bearbeitungszeit und die Aufgabenformulierungen zu testen. Insgesamt haben 75 Schülerinnen und Schüler den Test bearbeitet. Im Rahmen der Pilotierung wurde zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität der Zusammenhang zwischen der Chemiezensur und der erzielten Gesamtpunktzahl im Leistungstest mittels einer Rangkorrelationsanalyse nach Spearman überprüft.

Der ermittelte Wert des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho zeigt, dass eine hohe negative Korrelation (Spearman-Rho < -0,6) vorliegt (siehe Tabelle 14). Dies bedeutet, dass eine hohe Punktzahl im Leistungstest mit einer niedrigen Chemiezensur einhergeht. Dieser Zusammenhang ist wünschenswert, da durch die Leistungstests Fachwissen direkt erfasst wird.

Tabelle 14: Rangkorrelationsanalyse nach Spearman - Pilotierung Leistungstest Klasse 6

	Klasse 6		Chemiezensur
Spearman-Rho	**Punktzahl**	**Korrelationskoeffizient**	-0,652**
		Sig. (2-seitig)	0,000
		N	65

**. Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (2-seitig)

Im Durchschnitt werden 18,16 Punkte von 36 möglichen Punkten erzielt. Das entspricht einem Lösungsgrad von 50,44 % und deutet auf eine mittlere Schwierigkeit des Testes hin. Es bleibt jedoch anzumerken, dass der Test am Ende des Schuljahres in der letzten Chemiestunde vor den Ferien durchgeführt wurde. Er wurde nicht angekündigt und die abgefragten Inhalte lagen z.T. mehrere

Wochen zurück. Insgesamt haben sich die folgenden acht Aufgaben als geeignet erwiesen. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Aufgabe 1 Annahmen des Teilchenmodells

Die erste Aufgabe des Wissenstests thematisiert die wesentlichen Grundannahmen des einfachen Teilchenmodells in Form eines Lückentextes. Von den Schülerinnen und Schülern wird erwartet, dass sie über eine grundlegende Vorstellung über den Aufbau von Stoffen aus kleinsten Teilchen verfügen. Die mögliche Vorstellung von Teilchen in Form von Kugeln, die ständig in Bewegung sind und zwischen denen Anziehungskräfte herrschen, als auch die Unterschiede in Masse und Größe von Teilchen unterschiedlicher Stoffe, wird im Lückentext erfragt (siehe Abbildung 29). Die Vermittlung einer Teilchenvorstellung ist im Anfangsunterricht Chemie ein Schlüsselkonzept und für die Lernenden eine Herausforderung (Friedrich & Oetken, 2016). Durch die Verwendung von einer begrenzten Anzahl von Kernaussagen wird eine tragfähige Basis für die Erklärung der schulrelevanten Inhalte ermöglicht (Eilks et al., 2001). Die Kernaussagen orientieren sich an den von Eilks et al. (2001) und Vos & Verdonk (1996) vorgeschlagenen Kernaussagen zur Einführung eines ersten einfachen Teilchenmodells. Um den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe zu erhöhen, ist die Anzahl der vorgegebenen Begriffe doppelt so groß wie die Anzahl der Lücken, die ausgefüllt werden müssen. Für jede richtig ausgefüllte Lücke wurde ein Punkt vergeben.

Aufgabe 1

Um Eigenschaften von Stoffen besser erklären zu können, verwendet man Modelle. Ein Modell geht immer von vereinfachten Annahmen aus, mit denen sich dann komplizierte Sachverhalte anschaulich darstellen lassen. Ein besonders einfaches Modell ist das Teilchenmodell.

Ergänze folgenden Lückentext zum Teilchenmodell: Nutze dabei folgende Begriffe:

Größe Farbe Masse Form Abstoßungskräfte Teilchen

ständig manchmal Anziehungskräfte Kugeln Stoffen

Achtung: Einige Begriffe bleiben übrig.

Alle Stoffe bestehen aus kleinsten **Teilchen**. Diese kann man sich als kleine **Kugeln** vorstellen. Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden sich in **Masse** und **Größe**. Sie sind **ständig** in Bewegung. Zwischen ihnen gibt es **Anziehungskräfte**.

Abbildung 29 Wissenstest Klasse 6 Aufgabe 1 mit Musterlösung

Aufgabe 2 Aggregatzustände im Teilchenmodell

Laut Niedersächsischem Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5-10 des Gymnasiums im Fach Chemie für den Doppeljahrgang 5/6 sollen im Basiskonzept Stoff-Teilchen die Schülerinnen und Schüler Aggregatzustände auf Teilchenebene beschreiben (KC, 2015). Diesem Umstand wird in der Konzeption der Aufgabe zwei Rechnung getragen. Bei dieser Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler den drei Aggregatzuständen fest, flüssig und gasförmig jeweils die passende Darstellung im Teilchenmodell zuordnen (siehe Abbildung 30). Für jede richtige Zuordnung wird ein Punkt vergeben, so dass insgesamt drei Punkte erreicht werden können.

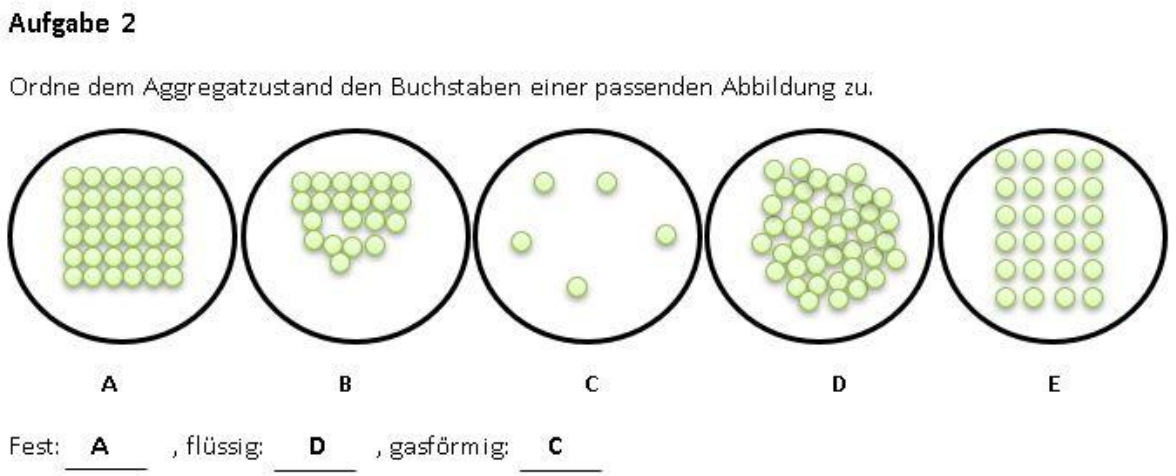


Abbildung 30: Wissenstest Klasse 6 Aufgabe 2 mit Musterlösung

Aufgabe 3 Aggregatzustandsänderungen benennen und darstellen

Schülervorstellungen über den Prozess des Verdampfens bzw. Sublimierens sind häufig mit Fehlvorstellungen wie der Vorstellung, dass der gleiche Stoff im gasförmigen Zustand eine andere Masse besitzt als im flüssigen oder festen Zustand, verbunden (Stavy, 1990). Häufig liegt auch die Annahme zugrunde, dass der Prozess des Sublimierens oder Verdampfens nicht umkehrbar sei (Stavy, 1990). Die Thematisierung der Aggregatzustandsänderungen und die anschließende Darstellung der Aggregatzustandsänderungen auf Teilchenebne ist wesentlicher Bestandteil des Anfangsunterrichts in Chemie. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 3 müssen die Schülerinnen und Schüler die Fachbegriffe „sublimieren“ bzw. „resublimieren“ für den

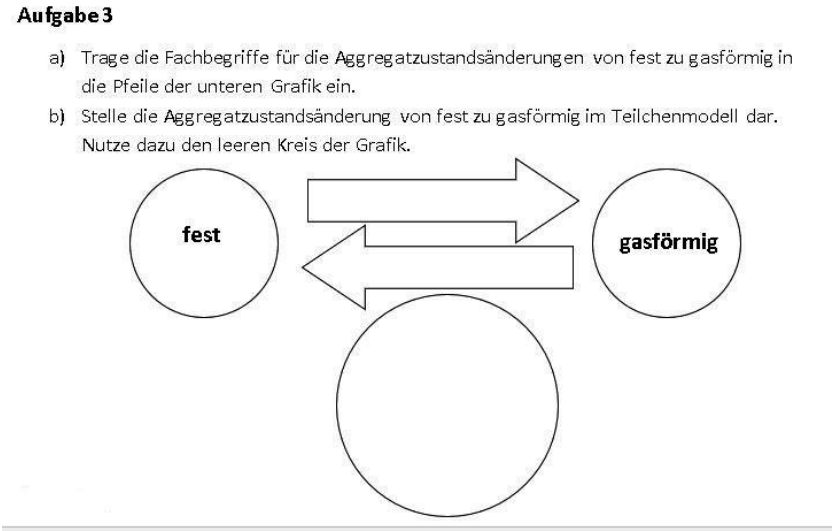


Abbildung 31: Wissenstest Klasse 6 - Aufgabe 3

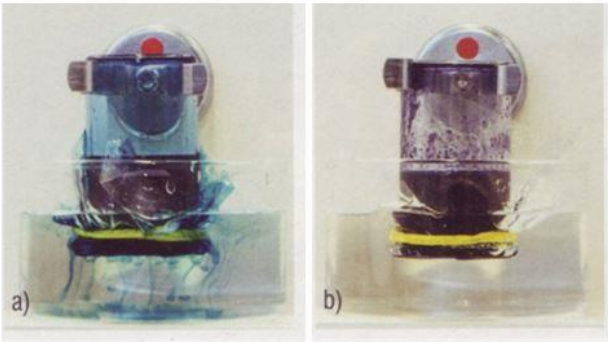
Wechsel des Aggregatzustands von fest zu gasförmig und umgekehrt von gasförmig zu fest nennen und den Vorgang des Sublimierens auf Teilchenebene darstellen.

Aufgabe 4 Molekulares Sieben

Ein einfaches Experiment zur Einführung einer Teilchenvorstellung stellt das molekulare Sieben von Farbstofflösungen dar (vgl. Friedrich & Oetken, 2016). Dieses Schlüsselexperiment ist Bestandteil der konzipierten Unterrichtseinheit. Das Grundprinzip des Experiments besteht in der Übertragung des bekannten Trennverfahrens des Siebens, dass die Schülerinnen und Schüler schon aus dem Kindesalter kennen, auf die Teilchenebene (Friedrich & Oetken, 2016). Im ersten Teil der Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler die beiden Bilder zunächst beschreiben (siehe Abbildung 32). Im zweiten Teil der Aufgabe sollen sie dann erklären, wie es der blauen Farbstofflösung gelingt durch die Einmachfolie zu gelangen. Hier müssen die Schülerinnen und Schüler anhand des im Unterricht eingeführten Teilchenmodells unter Einbeziehen der Größe der Farbstoffteilchen und der vorhandenen Poren (Lücken) der Einmachfolie argumentieren. Insgesamt gibt es für die Beschreibung der beiden Bilder je einen Punkt und für die Erklärung zwei Punkte. Teilweise korrekte Lösungen werden mit Teilpunkten bewertet.

Aufgabe 4

In den beiden rechten Bildern siehst du zwei Bechergläser, die mit Farbstofflösungen gefüllt sind. Das linke Becherglas enthält eine blaue Farbstofflösung, das rechte eine violette Farbstofflösung. Beide Gläser werden mit einer Folie fest verschlossen und kopfüber in ein Gefäß mit Wasser gehalten. Die rechten Bilder zeigen das Experiment nach einigen Minuten.



a) Notiere die beiden wesentlichen Beobachtungen zum Experiment.

Linkes Bild: Die blaue Farbstofflösung gelangt durch die Folie und bildet Schlieren im Wasser.
Rechtes Bild: Die violette Farbstofflösung bleibt im Becherglas und gelangt nicht ins Wasser.

b) Erkläre, wie die blaue Farbstofflösung durch die Folie gelangt.

Die Einmachfolie besitzt kleine Lücken. Die Farbstofflösung kann man sich aus kleinsten Farbstoffteilchen. Farbstoffteilchen der blauen Farbstofflösung sind so klein, dass sie durch die Lüken der Einmachfolie hindurchwandern können.

Abbildung 32: Wissenstest Klasse 6 - Aufgabe 4 mit Musterlösung

Aufgabe 5 Löslichkeit von Kaliumnitrat in Wasser

Nach der Unterrichtsreihe sollen die Schülerinnen und Schüler Lösungsvorgänge von Feststoffen in Wasser auch unter Einbeziehung des verwendeten Teilchenmodells erklären.

Die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler zum Löslichkeitskonzept wurde hinreichend untersucht (vgl. Ebenezer & Erickson, 1996; Nakhleh et. al., 2005). In vielen Studien wird immer wieder von ähnlichen Vorstellungen berichtet, so wird der Löseprozess häufig von der Vorstellung, dass der zu lösende Stoff in den flüssigen Aggregatzustand übergeht oder eine chemische Reaktion zwischen dem Lösemittel und dem zu lösendem Stoff stattfindet, interpretiert. (Grüß-Niehaus & Schanze, 2011; Selley, 2000; Ebenezer & Frazer, 2001). Eine umfassende Darstellung auftretender Lernervorstellungen zum Löslichkeitskonzept liefern Grüß-Niehaus & Schanze (2011). Sie haben anhand der Auswertung von 41 Studien Lernervorstellungen zum Themenfeld des Löslichkeitskonzepts zusammengetragen und in drei Kategorien „Bedingungen für den Lösevorgang“, „Der Löseprozess“ und „Das Wesen von Lösungen“ klassifiziert.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe 5 geht es um den Lösungsvorgang des Salzes Kaliumnitrat in Wasser beim Erwärmen. Dieser Prozess ist durch zwei Bilder, die einmal eine übersättigte Lösung von Kaliumnitrat vor dem Erwärmen und eine gesättigte Lösung von Kaliumnitrat nach dem Erwärmen zeigen, dargestellt. Wie der Abbildung 33 zu entnehmen ist, sind die drei Teilaufgaben a) -c) sind in Form von Multiple-Choice-Aufgaben konzipiert.

Aufgabe 5

In **Bild 1** siehst du ein Reagenzglas gefüllt mit Wasser in das eine große Menge des Salzes Kaliumnitrat gegeben wurde. Das Reagenzglas wird anschließend mit dem Bunsenbrenner auf ca. 50 °C erwärmt. Das **Bild 2** zeigt das Reagenzglas nach dem Erwärmen.

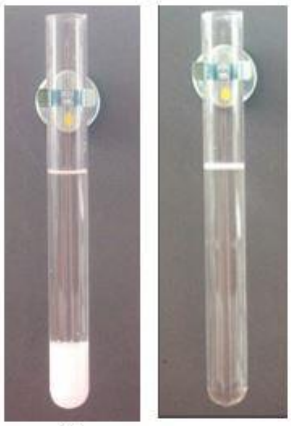


Bild 1 **Bild 2**

Kreuze die richtigen Aussagen an.

a) Die Aussagen beziehen sich auf Bild 1.
- o Das Kaliumnitrat löst sich gar nicht im Wasser.
- o Es liegt eine gesättigte Lösung vor.
- o Es liegt eine übersättigte Lösung vor.
- o Das Kaliumnitrat hat sich teilweise im Wasser gelöst.

b) Die Aussagen beziehen sich auf Bild 2.
- o Im Reagenzglas befindet sich weniger Kaliumnitrat als vor dem Erwärmen.
- o Das Kaliumnitrat hat sich komplett in Wasser gelöst.
- o Das Kaliumnitrat ist verdampft.
- o Das Wasser hat sich komplett im Kaliumnitrat gelöst.

c) Die Aussagen beziehen sich auf beide Bilder.
- o Vor dem Erwärmen befinden sich im Reagenzglas weniger Kaliumnitrat-Teilchen als nach dem Erwärmen.
- o Vor dem Erwärmen befinden sich zwischen den Wasser-Teilchen Kaliumnitrat-Teilchen.
- o Die Kaliumnitrat-Teilchen im Bodensatz können schwingen.
- o Die Kaliumnitrat-Teilchen werden beim Erwärmen kleiner und vermischen sich mit den Wasserteilchen.

Abbildung 33: Aufgabe zum Lösungsverhalten von Kaliumnitrat beim Erwärmen

Bei der Formulierung der falschen Antwortmöglichkeiten wurden die in Grüß-Niehaus & Schanze (2011) beschriebenen fehlerhaften Lernervorstellungen berücksichtigt, wie etwa die Vorstellung, dass Teilchen verschwinden oder das Salz verdampft (vgl. auch Abraham et. al., 1992). Bei der Bearbeitung des Aufgabenteils a) wird zunächst auf das Bild 1 Bezug genommen. Die Schülerinnen und Schüler sollen hier zum einen die im Unterricht eingeführten Begrifflichkeiten „gesättigte bzw. übersättigte Lösung“ richtig zuordnen. Zum anderen müssen sie entscheiden, ob sich bereits Kaliumnitrat bereits in Wasser gelöst hat oder nicht. Die Bearbeitung des Aufgabenteils b) bezieht sich auf Bild 2. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Aussage „Das Kaliumnitrat hat sich komplett in Wasser gelöst.“ als einzige richtige Lösung in Frage kommt. Bei der Bearbeitung des Aufgabenteils c) wird ein Bezug zur thematisierten Vorstellung des Vorgangs auf Teilchenebne hergestellt, so sollen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise erkennen, dass sich vor dem Erwärmen zwischen den Wasser-Teilchen auch Kaliumnitrat-Teilchen befinden. Für die Bewertung der Aufgabe werden richtig angekreuzte Aussagen mit einem Punkt bewertet. Fehlerhaft angekreuzte Aussagen geben einen Minuspunkt. Insgesamt können bei dieser Aufgabe somit fünf Punkte erzielt werden.

Aufgabe 6 Löslichkeit in unterschiedlichen Lösungsmitteln

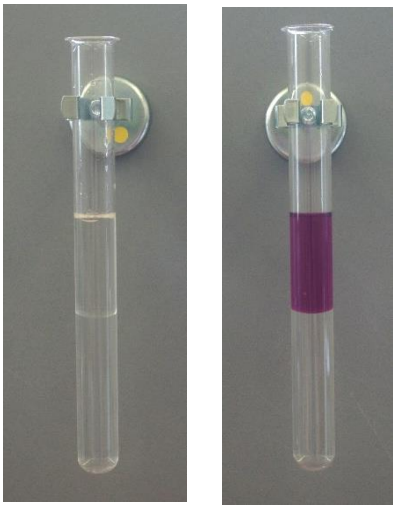


Bild 1 **Bild 2**

Abbildung 34: Bildmaterial Aufgabe 6

Die folgende Aufgabe 6 des Wissenstests beschäftigt sich ebenfalls mit dem Löslichkeitsbegriff. Im Zentrum dieser Aufgabe steht ein Experiment, dass in ähnlicher Weise auch während der Unterrichtseinheit durchgeführt wurde. Ausgehend von zwei Bildern (siehe Abbildung 34), die einmal ein Benzin Wasser-Gemisch vor und nach der Zugabe von Iod zeigen, sollen die Schülerinnen und Schüler in Aufgabenteil a) der Aufgabe zunächst die beiden Bilder beschreiben. Anschließend in Aufgabenteil b) die Vorgänge mit Hilfe vorgegebener Fachbegriffe (lipophil, Lösungsmittel, Löslichkeit, hydrophil) erklären und in Aufgabenteil c) die beiden Lösungen mit Hilfe des eingeführten Teilchenmodell zeichnerisch auf Teilchenebene darstellen. Insgesamt können bei der Bearbeitung dieser Aufgabe zehn Punkte erzielt werden. Je ein Punkt für die korrekte Beschreibung eines Bildes in Aufgabenteil a), je ein Punkt für die richtige Verwendung eines Begriffes und jeweils zwei Punkte für die Darstellung einer Lösung auf Teilchenebene.

Aufgabe 7 Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur

Die visuelle Lesefähigkeit (visual literacy) wird im heutigen Medienzeitalter immer bedeutsamer und dabei stellt der Umgang mit Diagrammen im wissenschaftlichen als auch im schulischen Kontext eine wichtige Fähigkeit dar (von Kotzebue & Nerdel, 2012). In den Bildungsstandards der drei naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik wird im Kompetenzbereich Kommunikation festgelegt, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein sollen, sich Wissen aus unterschiedlichen Quellen zu erschließen und anzueignen (Lachmayer et. al., 2007). Viele Schüler haben jedoch Schwierigkeiten die inhaltlichen Aussagen von Diagrammen zu erfassen (von Kotzebue & Nerdel, 2012) Um diesen Verständnisschwierigkeiten beim Umgang mit Diagrammen entgegenzuwirken und die Vorteile durch das Einbinden von Diagrammen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu nutzen, sollte der sachgerechte Umgang mit Diagrammen geübt werden (Lachmayer, 2008). Im Rahmen der Unterrichtseinheit bietet die Thematisierung der Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit die Möglichkeit den Umgang mit Diagrammen zu üben. So kann beispielsweise die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit verschiedener Feststoffe in Wasser in Form eines Diagrammes visualisiert und diskutiert werden. Dieser Aspekt findet auch in der Aufgabe 7 Berücksichtigung.
Das Material der Aufgabe 7 stellt die Löslichkeit der beiden Feststoffe Natriumchlorid und Kupfersulfat in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur in Form eines Diagramms dar. Die Aufgabe ist in Form einer Multiple-Choice-Aufgabe konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler müssen in jeder Teilaufgabe aus jeweils vier Aussagen die korrekte Aussage herausfinden. Für jede der drei Teilaufgaben wird ein Punkt vergeben, so dass bei der Bearbeitung dieser Aufgabe drei Punkte erreicht werden können.

Aufgabe 8 Löslichkeit von Gasen

Die Aufgabe 8 des Leistungstests thematisiert die Löslichkeit von Gasen in einer Flüssigkeit, die Teil der durchgeführten Unterrichtseinheit darstellte. Im Rahmen des durchgeführten Unterrichts wurde neben dem allgemeinen Phänomen, dass sich Gase in einer Flüssigkeit (vorzugsweise Wasser) lösen, auch die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Gasen in Wasser angesprochen. Hier wurde ein spezieller Anwendungsbezug zur Aquaristik hergestellt, der durch die vorliegende Aufgabe aufgegriffen wird. So sollen die Schülerinnen und Schüler erklären, warum die Fische in einem Aquarium, das in der Sonne steht, „ersticken“ können. Insgesamt können bei vollständig korrekter Lösung dieser Aufgabe zwei Punkte erzielt werden.

4.6.2 Leistungstest der Klasse 10

Bei der Konzeption des Leistungstests wurden Inhalte berücksichtigt, die während der Unterrichtseinheit thematisiert wurden. Zentrale Bestandteile der Unterrichtseinheit stellen die Elektronenpaarbindung und Wechselwirkungen dar. Viele Aufgaben weisen daher einen direkten Bezug zu diesen beiden zentralen Themenkomplexen auf. So müssen die Schülerinnen und Schüler in Aufgabe 2 beispielsweise über die Richtigkeit aufgestellter Lewis-Schreibweisen entscheiden, in

Aufgabe 3 Lewis-Schreibweisen zu vorgestellten Verbindungen anfertigen oder die Ablenkung eines Wasserstrahls (Aufgabe 6) unter besonderer Berücksichtigung des Dipol-Charakters von Wasser erklären.

Der Wissenstest wurde zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 direkt nach den Sommerferien durch drei 11. Klassen mit insgesamt 80 Schülerinnen und Schüler pilotiert. Im Rahmen der Pilotierung wurde wie beim Leistungstest im 6. Jahrgang zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität der Zusammenhang zwischen der Chemiezensur und der erzielten Gesamtpunktzahl im Leistungstest mittels einer Rangkorrelationsanalyse nach Spearman überprüft.

Der ermittelte Wert des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho zeigt, dass eine mittlere negative Korrelation vorliegt (siehe Tabelle 15). Dies bedeutet, dass eine hohe Punktzahl im Leistungstest mit einer guten Chemiezensur einhergeht. Dieser Zusammenhang ist wünschenswert, da durch die Leistungstests das fachliche Wissen der Schülerinnen und Schüler erfasst wird.

Tabelle 15: Rangkorrelationsanalyse Pilotierung Klasse 10

	Klasse 10		**Chemiezensur**
Spearman-Rho	**Punktzahl**	**Korrelationskoeffizient**	-0,575**
		Sig. (2-seitig)	0,000
		N	57

**. Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant (2-seitig)

Im Durchschnitt werden 19,32 Punkte von 43 möglichen Punkten erzielt. Das entspricht einem Lösungsgrad von 44,95 % und deutet auf eine mittlere Schwierigkeit des Testes hin. Insgesamt haben sich die folgenden acht Aufgaben als geeignet erwiesen. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Aufgabe 1 Die Elektronenpaarbindung

Die erste Aufgabe des Leistungstests für den 10. Jahrgang befasst sich mit den grundlegenden Annahmen der kovalenten Bindung. In der 1915 von Lewis aufgestellten Valenztheorie werden zwei Atome über ein gemeinsames Elektronenpaar verbunden. Diese wird neben der Ionenbindung, die auf elektrostatische Wechselwirkungen zwischenungleich geladener Ionen beruht, im Chemieunterricht der Sekundarstufe I thematisiert. So finden sich im niedersächsischen Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5 -10 des Gymnasiums im Fach Chemie für den Doppeljahrgang 9/10 im Basiskonzept Stoff-Teilchen im Kompetenzbereich Fachwissen beispielsweise folgende Angaben (KC, 2015, S.57): „*Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden zwischen Ionenbindung und Atombindung/ Elektronenpaarbindung*."

Die Aufgabe ist in Form eines Lückentextes gestaltet. Um den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe zu erhöhen, wurde die doppelte Anzahl an Begriffen verglichen mit der Lückenanzahl vorgegeben. Für jeden richtig zugeordneten Begriff wird ein Punkt vergeben.

Aufgabe 1

Kochsalz ist im festen Zustand aus einem Ionengitter aufgebaut, das Na^+-Ionen und Cl^--Ionen enthält. Durch die unterschiedliche Ladung der Ionen herrscht eine starke Anziehungskraft und das Ionengitter ist sehr stabil. Neben den Salzen gibt es aber eine Vielzahl von anderen Stoffen, die nicht aus Ionen aufgebaut sind. Durch Verknüpfung von Atomen entstehen stabile Verbindungen. Diese Art der Bindung liegt beispielsweise in vielen Nichtmetallverbindungen, wie z.B. Chlorwasserstoff HCl vor.

Ergänze folgenden Lückentext. Nutze dabei folgende Begriffe:

Protonenpaare Molekülen Elektronenpaare Atomkernen Atomhülle
Elektronen Atomen Metallen Edelgaskonfiguration Oktettregel
Elektronenpaarbindung Protonen Elektronenwolke Elektrobindung

Achtung: Einige Begriffe bleiben übrig.

In **Molekülen** sind Atome über gemeinsame **Elektronenpaare** miteinander verbunden. Die beiden **Elektronen** halten sich dabei in einer gemeinsamen **Elektronenwolke** zwischen den beiden **Atomkernen** auf. Sie gehören zu beiden Atomen, die dadurch eine **Edelgaskonfiguration** erhalten. Man bezeichnet diese Art der chemischen Bindung als **Elektronenpaarbindung**

Abbildung 35: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 1 mit Musterlösung

Aufgabe 2 und 3 Lewis-Schreibweise - Oktettregel

Die Aufgaben 2 und 3 des Leistungstests befassen sich mit der Darstellung von Elektronenpaarbindungen in der Lewis-Schreibweise. Im Niedersächsischen Kerncurriculum für die Schuljahrgänge 5 -10 des Gymnasiums im Fach Chemie finden sich im Basiskonzept „Stoff-Teilchen“ im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ (KC, 2015, S. 57) folgende Anmerkung: *„Die Schülerinnen und Schüler stellen Atombindungen/Elektronenpaarbindungen unter Anwendung der Edelgaskonfiguration in der Lewis-Schreibweise dar.“*

Bei der Bearbeitung der Aufgabe 2 müssen die Schülerinnen und Schüler aus vier vorgegebenen Lewis-Formeln die korrekten beiden Lewis-Formeln für Wasser und Ammoniak herausfinden (siehe Abbildung 36). Für die vollständig richtige Bearbeitung dieser Aufgabe können daher zwei Punkte erzielt werden.

Aufgabe 2

Kreuze die korrekt gezeichneten Lewis-Formeln an.

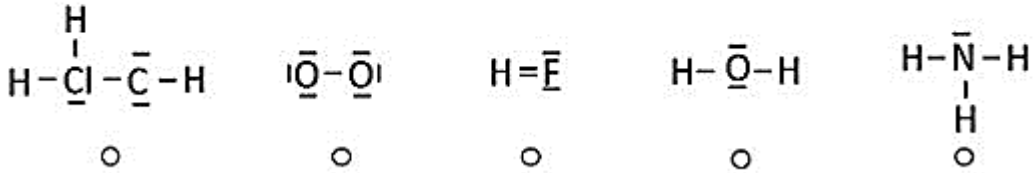


Abbildung 36: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe2

Des Weiteren sollen die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe 3 Lewis-Formeln zu vorgegebenen Verbindungen aufstellen und anhand der Strukturformel von Chlor die Oktettregel erklären (siehe Abbildung 37). Für jede richtige Darstellung der Verbindung in Lewis-Schreibweise wird ebenso ein Punkt vergeben, wie für die richtige Erklärung der Oktettregel.

Aufgabe 3

a) Zeichne die Strukturformeln der folgenden Verbindungen:
Methan: CH_4, Blausäure HCN, Chlor Cl_2 und Formaldehyd CH_2O

Methan:	**Blausäure:**	**Chlor:**	**Formaldehyd:**

b) Erkläre anhand der Strukturformel von Chlor die Oktettregel.

Abbildung 37: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 3

Aufgabe 4 Das Elektronenpaarabstoßungsmodell – Räumlicher Bau von Molekülen

Modellannahmen und Modelldarstellungen spielen insbesondere bei der Thematisierung der Ionenbindung und der Elektronenpaarbindung eine entscheidende Rolle (König, 2003). So werden im Zusammenhang mit der Elektronenpaarbindung neben der Lewis-Schreibweise für die Ableitung des räumlichen Baus von Molekülen auch das Elektronenpaar-Abstoßungsmodell (EPA-Modell) eingeführt (Sieve, 2019). Die räumliche Struktur der Moleküle spielt im weiteren Unterrichtsverlauf bei der Thematisierung zwischenmolekularer Wechselwirkungen eine entscheidende Rolle.

Die Aufgabe 4 des Leistungstests befasst sich daher mit den Grundannahmen des EPA-Modells und der räumlichen Struktur des Methan-Moleküls (siehe Abbildung 38). Die Aufgaben sind im Multiple-Choice-Format gestaltet. Insgesamt werden für jede richtig Zuordnung der Aufgabe ein Punkt vergeben, so dass die für die vollständig richtige Bearbeitung der Aufgabe 4a drei und für die der Aufgabe 4b zwei Punkte zu erzielen sind.

Aufgabe 4

a) Mit Hilfe der Strukturformeln lässt sich nur eingeschränkt die räumliche Struktur der Moleküle darstellen. Um die Eigenschaften von Stoffen vorhersagen zu können, spielt die räumliche Struktur der Teilchen jedoch eine entscheidende Rolle. Ein einfaches Modell mit dessen Hilfe sich aus den Strukturformeln die räumliche Struktur ableiten lässt, ist das **Elektronpaarabstoßungsmodell**, kurz EPA-Modell.

a) Kreuze die zutreffenden Aussagen zum EPA-Modell an.

- o Die Außenelektronen halten sich paarweise in getrennten Elektronenwolken auf.
- o Das bindende Elektronenpaar nimmt sehr viel Platz ein.
- o Die Elektronenwolken sind negativ geladen und stoßen sich ab.
- o Die Elektronenwolken sind geladen und ordnen sich pyramidenförmig an.
- o Die Elektronenwolken ordnen sich immer im möglichst großen Abstand zueinander an.

b) Kreuze an welche der folgenden Aussagen auf die räumliche Struktur des Methan-Moleküls zutreffen.

- o Der C-H-Bindungswinkel beträgt 107°.
- o Der C-H-Bindungswinkel beträgt 109,5°
- o Die vier Elektronenpaare richten sich in Form eines Tetraeders aus.
- o Die vier Elektronenpaare sind trigonal angeordnet.

Abbildung 38: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 4

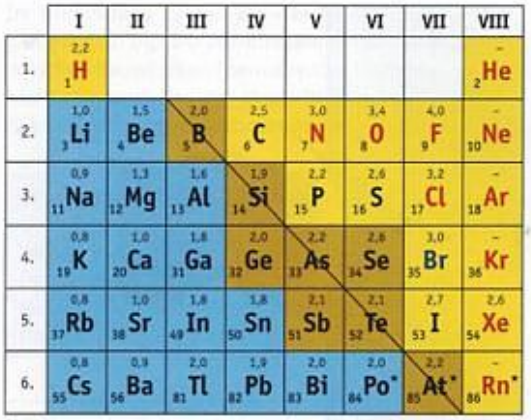
Aufgabe 5 Die Elektronegativität – Polarität von Bindungen

Bei der Aufgabe 5 handelt es sich um eine materialgebundene Aufgabe. In einem kleinen Informationstext werden die Schülerinnen und Schüler über die von Linus Pauling eingeführte Elektronegativität als Maß für die Fähigkeit eines Atoms das gemeinsame Elektronenpaar in einer Bindung anzuziehen informiert. Des Weiteren wird ein kleiner Ausschnitt des Periodensystems mit entsprechenden Elektronegativitätswerten vorgegeben. Die Aufgabe der Schüler besteht zum einen darin die Entwicklung der Elektronegativität in der 2. und 3. Periode zu beschreiben (Aufgabenteil 5a) und diese Entwicklung mit dem ihnen bekannten Aufbau der Atome zu erklären (Aufgabenteil 5b). Weiteren soll für vorgegebene Bindungen die Elektronegativitätsdifferenz für vorgegebene Bindungen berechnet werden und entschieden werden, ob es sich um eine polare Bindung handelt (Aufgabenteil 5c). Insgesamt können bei Bearbeitung dieser Aufgabe 7 Punkte erzielt werden. Für teilweise korrekte Lösungen werden Teilpunkte vergeben.

Abbildung 39: Wissenstest Klasse 10 Ausschnitt Material Aufgabe 5

Aufgabe 5

Die Elektronegativität ist ein Maß für die Fähigkeit eines Atoms das gemeinsame Elektronenpaar in einer Bindung anzuziehen. Diese Größe wurde 1932 vom amerikanischen Chemiker Linus Pauling eingeführt. Je stärker die Anziehung ist, desto größer ist der Elektronegativitätswert. In der rechten Grafik siehst du einen Ausschnitt des Periodensystems nach Pauling. Die Elektronegativitätswerte sind über den Elementsymbolen angegeben.



Aufgabe 6 Ablenkung eines Wasserstrahls

Die Aufgabe 6 des Leistungstests beschäftigt sich mit dem häufig im Chemieunterricht und in Schulbüchern thematisierten Experiment zur Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen elektrostatisch aufgeladenen Wasserstrahl. Das Experiment dient auch in der durchgeführten Unterrichtsreihe als ein zentraler Baustein zur Erarbeitung des Dipolcharakters von Wasser bzw. von Verbindungen. Ausgehend von einem Bild, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst einmal beschreiben sollen, geht es im weiteren Verlauf der Aufgabe unter Verwendung der folgenden Fachbegriffe: Dipol, Teilladung, elektrostatische Aufladung, Elektronegativität und polarer Elektronenpaarbindung darum, die Ablenkung des Wasserstrahls zu erklären. Für jede korrekte Verwendung eines vorgegebenen Begriffs wird ein Punkt vergeben. Anschließend soll der Vorgang bei der Bearbeitung des Aufgabenteils 6c auf atomarer Ebene zeichnerische dargestellt werde. Den Abschluss findet diese Aufgabe in einer Erklärung, warum der Stoff Tetra-Chlormethan nicht durch einen elektrostatische aufgeladenen Kunststoffstab abgelenkt wird. Insgesamt können bei der Bearbeitung dieser komplexen Aufgabe zehn Punkte erzielt werden. Für teilweise korrekte Lösungen werden Teilpunkte vergeben.

Aufgabe 6

Eine Bürette wird mit destilliertem Wasser gefüllt. Reibt man einen Kunststoffstab mit einem Wolltuch und hält ihn in die Nähe des feinen Wasserstrahls, der aus der geöffneten Bürette strömt, so ergibt sich die im unteren Bild dargestellte Situation.

Abbildung 40: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 6

Aufgabe 7 Zwischenmolekulare Kräfte

Die Aufgabe 7 des Leistungstest wurde im Multiple-Choice-Format gestaltet und thematisiert die Van-der-Waals-Wechselwirkungen und die Wasserstoffbrückenbindung als die beiden wesentlichen zwischenmolekularen Kräfte, die während der Unterrichtseinheit behandelt wurden. Während der Unterrichtseinheit wird die Entstehung der Van-der-Waals-Wechselwirkungen anhand von temporären, induzierten Dipolen beschrieben und orientiert sich daher an der allgemein im Chemieunterricht üblichen Beschreibung (Sieve, 2019). Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten berücksichtigen neben den unterschiedlichen Stärken der Wechselwirkungen auch die Voraussetzungen zur Entstehung. Insgesamt werden für eine vollständig korrekte Bearbeitung dieser Aufgabe 4 Punkte vergeben.

Aufgabe 7

Kreuze die richtigen Aussagen an.

a) Die Aussagen beziehen sich auf die Van-der-Waals-Kraft.
- o Die Van-der-Waals-Kraft wirkt zwischen allen Molekülen.
- o Die Van-der-Waals-Kraft ist einer sehr starke Kraft zwischen Molekülen.
- o Die Van-der-Waals-Kraft entsteht durch temporäre Dipole.
- o Die Van-der-Waal-Kraft entsteht durch permanente Dipole.

b) Die Aussagen beziehen sich auf die Wasserstoffbrückenbindung.
- o Wasserstoffbrückenbindungen können sich zwischen allen Molekülen, die positiv teilgeladene Wasserstoffatome enthalten, ausbilden.
- o Wasserstoffbrückenbindungen bilden sich zwischen den positiv teilgeladenen Wasserstoffatomen und den negativ-teilgeladenen Sauerstoff-Atomen anderer Moleküle.
- o Wasserstoffbrückenbindungen bilden sich zwischen allen Dipol-Molekülen, die positiv teilgeladene Wasserstoff-Atome enthalten.
- o Wasserstoffbrückenbindungen sind starke zwischenmolekulare Kräfte.

Abbildung 41: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 7

Aufgabe 8 Erklärung unterschiedlicher Siedepunkte

In Aufgabe 8 sollen die Schülerinnen und Schüler die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Halogene und Halogenwasserstoffe mit Hilfe der vorhandenen zwischenmolekularen Wechselwirkungen, die sich zwischen den Teilchen bzw. Teilchenverbänden ausbilden erklären. Die Aufgabe ist im Multiple-Choice-Format konzipiert. In Aufgabenteil a) werden die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Halogene thematisiert. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten nehmen insbesondere Bezug zur Größe der vorgegebenen Halogenmolekülen und deren Auswirkungen auf die Stärke der vorliegenden Van-der-Waals-Wechselwirkungen und der damit in Zusammenhang stehenden Auswirkungen auf die Siedetemperatur. Der Aufgabenteil b) thematisiert die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Halogenwasserstoffe, die hauptsächlich von der Stärke der Anziehung zwischen den Molekülen abhängt, die durch ihre permanenten Dipole verursacht wird. In

Aufgabenteil c) wird anhand der Siedetemperaturen ein Vergleich der Stärke der auftretenden zwischenmolekularen Wechselwirkungen thematisiert. Für jede korrekt angekreuzte Aussage wird ein Punkt vergeben insgesamt können bei dieser 4 Punkte erreicht werden.

Aufgabe 8

In der unteren Tabelle siehst du die Siedetemperaturen der Halogene und der Halogenwasserstoffe.

Halogen	Siedetemperatur	Halogenwasserstoff	Siedetemperatur
Fluor	-188 °C	Fluorwasserstoff (HF)	19,5 °C
Chlor	-35 °C	Chlorwasserstoff (HCl)	-85 °C
Brom	56 °C	Bromwasserstoff (HBr)	-66 °C
Iod	183 °C	Iodwasserstoff (HI)	-35,4 °C

Abbildung 42: Wissenstest Klasse 10 Ausschnitt Aufgabe 8

5 Auswertung

Wie bereits in Kapitel 3.2 beschrieben erfolgt die Bearbeitung der identischen Fragebögen und Wissenstests sowohl einmal direkt vor der Durchführung der Unterrichtseinheit als auch einmal direkt im Anschluss der Durchführung der Unterrichtseinheit (Prä-/Posttestdesign). Im Rahmen der Auswertung der Daten wird die Gruppe der Schülerinnen und Schüler, die im Chemieunterricht mit dem Student Response System unterrichtet wurde (Interventionsgruppe bzw. Treatmentgruppe) mit der Gruppe der Schülerinnen und Schüler, die konventionell unterrichtet wurde (Kontrollgruppe), hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz verglichen (Vergleich zweier unabhängiger Stichproben). Dieser Vergleich findet einmal vor der Durchführung der Unterrichtseinheit statt, um bereits vorhandene Unterschiede zwischen den beiden Gruppen aufzuzeigen und die Voraussetzungsgleichheit der beiden Gruppen zu gewährleisten. Als auch nach der Durchführung der Unterrichtseinheit, um zu zeigen, ob durch den Unterricht mit dem Student Response System ARSnova Unterschiede zwischen den beiden Gruppen entstanden sind. Zusätzlich werden die Daten innerhalb der Kontroll- als auch der Treatmentgruppe aus dem Prätest mit den jeweiligen Daten aus dem Posttest verglichen (abhängige Stichprobe).

Für die Auswertung werden der Mann-Whitney-U-Test (Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben) und der Wilcoxon-Test (Vergleich von zwei verbundenen Stichproben) als nicht-parametrische Testverfahren eingesetzt. Es wird auf diese Testverfahren zurückgegriffen, da die Voraussetzung der Normalverteilung der Unterschiede im untersuchten Merkmal bei abhängigen Stichproben in der Grundgesamtheit als auch die Normalverteilung des untersuchten Merkmale in den beiden Grundgesamtheiten bei unabhängigen Stichproben nicht für alle untersuchten Merkmale erfüllt ist.[15]

Die Voraussetzung der Normalverteilung ist neben dem Vorliegen einer Intervallskala und der Varianzhomogenität (bei unabhängigen Stichproben) eine notwendige Voraussetzung für die Anwendung des parametrischen t-Tests. Zwar reagiert der t-Test für unabhängige Stichproben auf Verletzungen seiner Voraussetzungen relativ robust und entscheidet trotz der Verletzungen richtig, wie aus Monte-Carlo-Studien hervorgeht (vgl. Boneau 1960; Glass et al., 1972; Sawilowsky & Blair, 1992; alle zitiert in Bortz & Schuster, 2010). Jedoch wird die Anzahl von Fehlentscheidungen gesteigert, wenn neben der fehlenden Normalverteilung der Daten auch keine Varianzhomogenität vorliegt (Bortz & Schuster, 2010). Zöfel (2011) empfiehlt, sofern die Daten bei mindestens einer Stichprobe nicht normalverteilt vorliegen, auf parameterfreie Verfahren zurückzugreifen um die Interpretation der Daten einheitlich zu gestalten und dadurch zu erleichtern.

Im Gegensatz zum t-Test erfolgt der Vergleich der Daten beim Mann-Whitney U-Test und beim Wilcocxon-Test nicht über den Vergleich von Mittelwerten der Rohdaten, sondern über den Vergleich von Rangplätzen, die diesen Werten zugeordnet sind (vgl. Zöfel, 2011).

Die Berechnungen erfolgen auf einem Signifikanzniveau von 5 %, zusätzlich wird die Effektgröße als Zusammenhangsmaß-Effektgrößenmaß in Form des Korrelationskoeffizienten (r) von Pearson

[15] Im Zuge der Auswertung der Fragebögen und Leistungstests wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test zum Testen des Vorliegens normalverteilter Daten sowohl für abhängige als auch unabhängige Stichproben in SPSS Version 22 durchgeführt.

angegeben. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson lässt sich aus den berechneten Werten der Prüfgrößen U für den Mann-Whitney-U-Test und T für den Wilcoxon-Test und anschließender z-Standardisierung berechnen.[16] Verwendet man die folgende Formel $r = \frac{|z|}{\sqrt{n}}$, so liegen die Werte für den Korrelationskoeffizienten zwischen 0 und 1.[17] Nach Bortz & Döring (2016) liegt für r=0,1 ein kleiner Effekt, für r=0,3 ein mittlerer Effekt und für r=0,5 ein großer Effekt vor. Die Auswertungen erfolgen sowohl jahrgangsübergreifend und nach Klassenstufen getrennt. Die Auswertung für den 10. Jahrgang erfolgt für beide Klassen der Interventionsgruppe. Die Berechnungen wurden auch ohne Berücksichtigung der Klasse mit den technischen Schwierigkeiten durchgeführt. Es zeigen sich dabei jedoch keine wesentlich anderen Ergebnisse. Ein Vergleich der beiden 10. Klassen der Interventionsgruppe hinsichtlich der erhobenen Merkmale mittels Mann-Whitney-U-Tests zeigt zudem keine signifikant schlechtere Bewertung durch die Klasse mit den technischen Schwierigkeiten. Des Weiteren werden geschlechterspezifische Unterschiede durch einen Vergleich der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe untereinander und mit den jeweiligen Geschlechtern der Kontrollgruppe durchgeführt.

5.1 Auswertung der erhobenen Daten zum Lernklima

Anhand der statistischen Auswertung des Fragebogens zum Lernklima von Bolte (1996) sollen die Auswirkungen des Einsatzes des Student Response Systems ARSnova auf das Lernklima im Chemieunterricht sowohl jahrgangsübergreifend als auch in der 6. und in der 10. Klasse untersucht werden und die in Kapitel 2.7 aufgestellte **Forschungsfrage 1:**
Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Veränderungen im Lernklima der Klasse feststellen? beantwortet werden.
Zur Auswertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen wurde die fünfstufige Likert-Skala mit den entsprechenden Abstufungen wie folgt codiert: 0 = „stimmt nicht“; 4 = „stimmt genau“ und anschließend in das Statistikprogramm SPSS Version 22 übertragen. Jede Lernklima-Dimension wird durch die entsprechende Zustimmung bzw. Ablehnung von je zwei Items auf dieser fünfstufigen Likert-Skala erfasst. Zur Auswertung wird sowohl für den Prä- als auch für den Post-Test der Mittelwert der Einschätzung zu beiden Items gebildet.
Um bereits vorhandene Unterschiede in der Gruppe, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden soll, (Interventionsgruppe bzw. Treatmentgruppe) und der Gruppe, die konventionell unterrichtet werden soll, zu erfassen, wird vor Beginn der Unterrichtsreihe der Mann-Whitney U-Test durchgeführt.

[16] Bei hinreichend großer Stichprobe $n_1+n_2 > 30$ für den Mann-Whitney-U-Test und n>20 für den Wilcoxon-Test nähert sich die Verteilung der möglichen U-Werte bzw. T-Werte asymptotisch einer Normalverteilung an.
[17] Für die Berechnungen werden neben dem z-Wert für die asymptotische Signifikanz, der der Ausgabe im Statistikprogramm SPSS entnommen werden kann, auch die Stichprobengrößen benötigt. Für die Berechnung des Korrelationskoeffizienten r beim Mann-Whitney-U-Test wird dabei für n die Größe beider Stichproben in die Formel eingesetzt.

5.1.1 Auswertung des Prätests jahrgangsübergreifend

Zunächst wird die jahrgangsübergreifende gesamte Stichprobe der Studie betrachtet. Der Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass es bereits vor Beginn der Studie in einigen Lernklima-Dimensionen signifikante Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen (Interventionsgruppe) und den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet werden sollen (Kontrollgruppe), gibt. So sind die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe insgesamt zufriedener mit dem bisherigen Chemieunterricht. Sie sind zudem der Auffassung, dass die Inhalte des Chemieunterricht verständlich sind und sie ausreichend Möglichkeiten haben sich in den Unterricht einzubringen und die Klasse im Chemieunterricht mitarbeitet. Es bestehen daher signifikante Unterschiede (asymptotische Signifikanz $p < 0{,}05$) in den Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“, „Anforderungen – Verständlichkeit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“. Die beiden Gruppen sind somit hinsichtlich dieser drei Lernkilma-Dimensionen nicht voraussetzungsgleich. Hinsichtlich der anderen beiden erhobenen Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ gibt es dagegen keine signifikanten Unterschiede. Hier besteht Voraussetzungsgleichheit zwischen den beiden Gruppen.

Tabelle 16: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	102	92,84	4216,500	-2,063	0,039
	Interventionsgruppe	99	109,41			
	Gesamtsumme	201				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	102	89,06	3831,000	-2,706	0,007
	Interventionsgruppe	96	110,59			
	Gesamtsumme	198				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	82	87,66	3785,000	-0,209	0,835
	Interventionsgruppe	94	89,23			
	Gesamtsumme	176				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	98	94,11	4372,000	-0,735	0,462
	Interventionsgruppe	95	99,98			
	Gesamtsumme	193				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	92	85,00	3542,000	-2,331	0,020
	Interventionsgruppe	95	102,72			
	Gesamtsumme	187				

5.1.2 Auswertung Posttests jahrgangsübergreifend

Betrachtet man nun den Ausfall des Mann-Whitney-U-Tests nach der durchgeführten Unterrichtseinheit in der Tabelle 17, so zeigen sich einige interessante Entwicklungen. Die vor der Unterrichtseinheit gemessenen signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ sind im Posttest nicht mehr messbar. Es bestehen im Posttest jedoch signifikante Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen „Anforderungen und Verständlichkeit“ und „Fachbezug“. Der signifikante Unterschied in der Lernklima-Dimension „Fachbezug“ war so im Prätest nicht messbar.

Tabelle 17: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	98	91,08	4074,500	-1,869	0,062
	Interventionsgruppe	98	105,92			
	Gesamtsumme	196				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	97	83,82	3377,500	-3,561 (r=0,2550)	<0,001
	Interventionsgruppe	98	112,04			
	Gesamtsumme	195				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	94	77,80	2848,000	-3,986 (r=0,2931)	<0,001
	Interventionsgruppe	91	108,90			
	Gesamtsumme	185				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	97	89,35	3913,500	-1,707	0,088
	Interventionsgruppe	94	102,87			
	Gesamtsumme	191				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	96	89,57	3943,000	-1,900	0,057
	Interventionsgruppe	97	104,35			
	Gesamtsumme	193				

Anhand des durchgeführten Wilxocon-Tests (siehe Tabelle 18) lassen sich in der Interventionsgruppe keine Veränderungen in den Bewertungen der Lernklima-Dimensionen von Prä- zu Posttest feststellen. Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe bewerten jedoch die Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ im Posttest signifikant schlechter als im Prätest. Die berechneten Effektstärken deuten auf einen mittleren Effekt hin (siehe Tabelle 19).

Tabelle 18: Wilcoxon-Test Lernklima – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	36[a]	28,19	1015,00
		Positive Ränge	21[b]	30,38	638,00
		Bindungen	41[c]		
		Gesamtsumme	98		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	38[a]	34,41	1307,50
		Positive Ränge	26[b]	29,71	772,50
		Bindungen	34[c]		
		Gesamtsumme	98		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	28[d]	32,48	909,50
		Positive Ränge	32[e]	28,77	920,50
		Bindungen	35[f]		
		Gesamtsumme	95		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	43[d]	35,08	1508,50
		Positive Ränge	27[e]	36,17	976,50
		Bindungen	27[f]		
		Gesamtsumme	97		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	33[g]	34,52	1139,00
		Positive Ränge	34[h]	33,50	1139,00
		Bindungen	20[i]		
		Gesamtsumme	87		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	47[g]	33,16	1558,50
		Positive Ränge	18[h]	32,58	586,50
		Bindungen	12[i]		
		Gesamtsumme	97		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	37[j]	31,45	1163,50
		Positive Ränge	25[k]	31,48	789,50
		Bindungen	28[l]		
		Gesamtsumme	90		

Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	41[j]	33,04	1354,50
		Positive Ränge	20[k]	26,83	536,50
		Bindungen	33[l]		
		Gesamtsumme	94		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	36[m]	29,58	1065,00
		Positive Ränge	22[n]	29,36	646,00
		Bindungen	35[o]		
		Gesamtsumme	93		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	27[m]	30,61	826,50
		Positive Ränge	27[n]	24,39	658,50
		Bindungen	34[o]		
		Gesamtsumme	88		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 19: Wilcoxon-Test – Lernklima, Signifikanzen jahrgangsübergreifend

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-1,526[a]	-0,042[b]	0,000[c]	-1,335[a]	-1,664[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,127	0,966	1,000	0,182	0,096
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,830[a]	-1,595[a]	-3,215[a]	-2,980[a]	-0,748[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,067	0,111	0,001	0,003	0,455
Effektstärke r				0,3264	0,3074	

a: basierend auf positiven Rängen; b: basierend auf negativen Rängen; c: Die Summe der negativen Ränge ist mit der Summe der positiven Ränge identisch.

5.1.3 Auswertung des Prätests Klasse 6

Untersuchungen mittels Mann-Whitney-U-Test (siehe Tabelle 20) zeigen, dass es bereits im Vorfeld der Durchführung der Unterrichtsreihe signifikante Unterschiede (asymptotische Signifikanz $p < 0,05$) zwischen den beiden Gruppen in einigen Lernklima-Dimensionen gibt. Die beiden Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen, sind insgesamt zufriedener mit dem bisherigen Chemieunterricht und schätzen ihre Möglichkeiten sich eigenständig in den Chemieunterricht einzubringen höher ein, als die Schülerinnen und Schüler der Klassen, die konventionell unterrichtet werden sollen. Die Gruppen sind somit hinsichtlich der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ nicht voraussetzungsgleich. In den anderen Lernklima-Dimensionen, insbesondere der Dimension „Anforderungen – Verständlichkeit“ zeigen sich zwar Unterschiede, die mit einer asymptotischen Signifikanz von $p > 0,05$ jedoch nicht signifikant sind, und nur vermutet werden können. Die beiden Gruppen sind also hinsichtlich dieser drei Lernklima-Dimensionen voraussetzungsgleich.

Tabelle 20: Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests – Prätest zum Lernklima Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	55	50,85	1256,500	-2,180	0,029
	Interventionsgruppe	59	63,70			
	Gesamtsumme	114				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	55	53,20	1386,000	-1,255	0,209
	Interventionsgruppe	58	60,60			
	Gesamtsumme	113				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	36	44,91	950,000	-0,184	0,854
	Interventionsgruppe	54	45,91			
	Gesamtsumme	90				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	51	49,57	1202,000	-1,283	0,200
	Interventionsgruppe	55	57,15			
	Gesamtsumme	106				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	49	44,43	952,000	-2,683	0,007
	Interventionsgruppe	55	59,69			
	Gesamtsumme	104				

5.1.4 Auswertung Posttests Klasse 6

Betrachtet man nun den Ausfall des Mann-Whitney-U-Tests nach der durchgeführten Unterrichtseinheit (mit oder ohne den Einsatz des Student Response Systems ARSnova) in der Tabelle 21, so zeigen sich einige interessante Entwicklungen.

Tabelle 21: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Post-Test zum Lernklima Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	55	48,16	1109,000	-2,878 (r=0,2707)	0,004
	Interventionsgruppe	58	65,38			
	Gesamtsumme	113				
Verständlichkeit - Anforderungen	Kontrollgruppe	55	43,64	860,000	-4,357 (r=0,4099)	<0,001
	Interventionsgruppe	58	69,67			
	Gesamtsumme	113				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	51	42,88	861,000	-3,112 (r=0,3066)	0,002
	Interventionsgruppe	52	60,94			
	Gesamtsumme	103				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	54	48,98	1160,000	-1,992 (r=0,1908)	0,046
	Interventionsgruppe	55	60,91			
	Gesamtsumme	109				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	55	48,18	1110,000	-2,760 (r=0,2608)	<0,001
	Interventionsgruppe	57	64,53			
	Gesamtsumme	112				

Die bereits mittels Prätests festgestellten signifikanten Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen „Zufriedenheit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ haben sich weiter manifestiert, da der Unterschied in den mittleren Rängen weiter zugenommen hat. Zudem haben sich durch den Einsatz des Student Response Systems im Post-Test signifikante Unterschiede in den anderen Lernklima-Dimensionen ausgebildet. Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System gearbeitet haben, sind der Einschätzung, dass die vermittelten Unterrichtsinhalte verständlich geworden sind und sich an ihren Fähigkeiten orientieren. Sie erkennen wesentliche Fachbezüge und sehen eine stärkere Relevanz der Unterrichtsinhalte sowohl in Bezug zu den Alltagssituationen und die Bedeutung für das

gesellschaftliche Zusammenleben als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Anhand der Auswertung der erhobenen Daten mittels Mann-Whitney-U-Test lässt sich somit zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System unterrichtet wurden, den Chemieunterricht nach der Unterrichtseinheit in allen Lernklima-Dimensionen signifikant anders bewerten als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Innerhalb der untersuchten Gruppen zeigen sich anhand des Vergleichs der Daten aus dem Prä-Test und dem Post-Test mittels Wilcoxon-Tests (siehe Tabelle 22 und 23), dass es signifikante Veränderungen in der Bewertung einiger Lernklima-Dimensionen des Chemieunterrichts gibt.
Die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden, bewerten den Chemieunterricht nach der durchgeführten Unterrichtseinheit hinsichtlich der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“, „Anforderungen - Verständlichkeit“ und „Relevanz der Themen“ signifikant schlechter als vor der durchgeführten Unterrichtseinheit. In der Interventionsgruppe sind hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Allgemeinen Zufriedenheit“ keine signifikanten Veränderungen feststellbar.

Tabelle 22: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	17[a]	13,18	224,00
		Positive Ränge	11[b]	16,55	182,00
		Bindungen	30[c]		
		Gesamtsumme	58		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	28[a]	20,50	574,00
		Positive Ränge	11[b]	18,73	206,00
		Bindungen	16[c]		
		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	12[d]	17,17	206,00
		Positive Ränge	22[e]	17,68	389,00
		Bindungen	23[f]		
		Gesamtsumme	57		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	26[d]	19,73	513,00
		Positive Ränge	11[e]	17,27	190,00
		Bindungen	18[f]		
		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	19[g]	20,24	384,50
		Positive Ränge	24[h]	23,40	561,50
		Bindungen	5[i]		
		Gesamtsumme	48		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	20[g]	14,38	287,50
		Positive Ränge	11[h]	18,95	208,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	35		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	25[j]	19,10	477,50
		Positive Ränge	12[k]	18,79	225,50
		Bindungen	14[l]		
		Gesamtsumme	51		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	24[j]	19,46	467,00
		Positive Ränge	10[k]	12,80	128,00
		Bindungen	17[l]		
		Gesamtsumme	51		

Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	20[m]	17,60	352,00
		Positive Ränge	14[n]	17,36	243,00
		Bindungen	19[o]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	19[m]	18,76	356,50
		Positive Ränge	13[n]	13,19	171,50
		Bindungen	17[o]		
		Gesamtsumme	49		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

In der Lernklima-Dimension „Anforderungen – Verständlichkeit“ zeichnet sich in der Interventionsgruppe durchaus eine positive Tendenz ab, wenngleich diese Veränderung mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,093 nicht signifikant ist und die positive Änderung daher nur vermutet werden kann. Die Lernklima-Dimension „Relevanz der Themen“ wird auch von der Interventionsgruppe nach der Unterrichtseinheit schlechter beurteilt, wenngleich die Veränderung knapp nicht signifikant ist. In der Kontrollgruppe lässt sich dagegen eine signifikant schlechtere Beurteilung der „Relevanz der Themen“ feststellen. Keine signifikanten Änderungen gibt es in beiden Gruppen hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Fachbezug“.

Tabelle 23: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärken Klasse 6

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-0,485[a]	-1,681[b]	-1,084[b]	-1,936[a]	-0,954[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,627	0,093	0,278	0,053	0,340
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-2,623[a]	-2,495[a]	-0,780[a]	-2,933[a]	-1,772[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,009	0,013	0,436	0,003	0,076
Effektstärke r		0,3537	0,3364	-	0,4107	-

a: basierend auf positiven Rängen, b: basierend auf negativen Rängen

5.1.5 Auswertung Prätest Klasse 10

Mittels des durchgeführten Mann-Whitney-U-Tests lässt sich zeigen, dass zwischen den 10. Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen, und denen, die herkömmlich unterrichtet werden sollen, keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung des Chemieunterrichts in den fünf untersuchten Lernklima-Dimensionen bestehen (siehe Tabelle 24). Die beiden Gruppen sind also hinsichtlich der fünf untersuchten Lernklima-Dimensionen voraussetzungsgleich. Der größte Unterschied besteht zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Anforderungen – Verständlichkeit“, wenngleich dieser mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,061 knapp nicht signifikant ist.

Tabelle 24: Auswertung Mann-Whitney-U-Test Prä-Test Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	47	42,14	852,500	-0,759	0,448
	Interventionsgruppe	40	46,19			
	Gesamtsumme	87				
Verständlichkeit - Anforderungen	Kontrollgruppe	47	38,60	686,000	-1,873	0,061
	Interventionsgruppe	38	48,45			
	Gesamtsumme	85				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	46	39,77	748,500	-1,547	0,123
	Interventionsgruppe	40	47,79			
	Gesamtsumme	86				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	47	47,06	796,000	-1,251	0,211
	Interventionsgruppe	40	40,40			
	Gesamtsumme	87				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	43	41,06	819,500	-0,384	0,701
	Interventionsgruppe	40	43,01			
	Gesamtsumme	83				

5.1.6 Auswertung Posttest Klasse 10

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit, die in der Interventionsgruppe unter Einsatz des Student Response Systems ARSnova durchgeführt wurde, zeigen sich lediglich in der Lernklima-Dimension: „Fachbezug“ signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 25). In den anderen Lernklima-Dimensionen lassen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Tabelle 25: Auswertung Mann-Whitney-U-Test Post-Test – Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	43	43,45	797,500	-0,580	0,562
	Interventionsgruppe	40	40,44			
	Gesamtsumme	83				
Verständlichkeit - Anforderungen	Kontrollgruppe	42	40,54	799,500	-0,381	0,703
	Interventionsgruppe	40	42,51			
	Gesamtsumme	82				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	43	34,50	537,500	-2,862 (r=0,3161)	0,004
	Interventionsgruppe	39	49,22			
	Gesamtsumme	82				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	43	40,62	800,500	-0,360	0,719
	Interventionsgruppe	39	42,47			
	Gesamtsumme	82				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	41	42,71	750,000	-0,697	0,486
	Interventionsgruppe	40	39,25			
	Gesamtsumme	81				

Untersucht man mittels Wilcoxon-Tests die Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest in den Lernklima-Dimensionen der jeweiligen Gruppen, so stellt man in der Lernklima-Dimension „Fachbezug“ innerhalb der Kontrollgruppe eine signifikant schlechtere Bewertung des Chemieunterrichts fest (siehe Tabelle 27). In den anderen Lernklima-Dimensionen gibt es dagegen keine signifikanten Veränderungen.

Tabelle 26: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	19[a]	15,50	294,50
		Positive Ränge	10[b]	14,05	140,50
		Bindungen	11[c]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	10[a]	14,90	149,00
		Positive Ränge	15[b]	11,73	176,00
		Bindungen	18[c]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	16[d]	14,28	228,50
		Positive Ränge	10[e]	12,25	122,50
		Bindungen	12[f]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	17[d]	15,21	258,50
		Positive Ränge	16[e]	18,91	302,50
		Bindungen	9[f]		
		Gesamtsumme	42		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	14[g]	14,21	199,00
		Positive Ränge	10[h]	10,10	101,00
		Bindungen	15[i]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	27[g]	19,57	528,50
		Positive Ränge	7[h]	9,50	66,50
		Bindungen	8[i]		
		Gesamtsumme	42		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	12[j]	12,50	150,00
		Positive Ränge	13[k]	13,46	175,00
		Bindungen	14[l]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	17[j]	13,79	234,50
		Positive Ränge	10[k]	14,35	143,50
		Bindungen	16[l]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	16[m]	12,50	200,00
		Positive Ränge	8[n]	12,50	100,00
		Bindungen	16[o]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	8[m]	11,31	90,50
		Positive Ränge	14[n]	11,61	162,50
		Bindungen	17[o]		
		Gesamtsumme	39		
		Gesamtsumme	43		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 27: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Lernklima Klasse 10

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-1,704[a]	-1,369[a]	-1,421[a]	-0,343[b]	-1,466[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,088	0,171	0,155	0,732	0,340
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,372[b]	-0,403[b]	-4,034[a]	-1,115[a]	-1,226[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,710	0,687	0,000	0,265	0,220
	Effektstärke r	-	-	0,6225	-	-

a: basierend auf positiven Rängen, b: basierend auf negativen Rängen

5.1.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Vergleicht man im Vorfeld der durchgeführten Studie sowohl die Mädchen der Interventionsgruppe mit den Mädchen der Kontrollgruppe als auch die Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe der jahrgangsübergreifenden Stichprobe hinsichtlich der Bewertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen, so lassen sich einige wenige signifikante Unterschiede in den Bewertungen feststellen. Die Mädchen, die mit dem Student Response System ARSnova arbeiten sollen, sind insgesamt zufriedener mit dem bisherigen Chemieunterricht und finden zudem, dass der bisherige Unterricht eher ihren Anforderungen entspricht und verständlich geworden ist als die Mädchen der Kontrollgruppe. Hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Anforderungen und Verständlichkeit“ sind die beiden Mädchengruppen daher nicht voraussetzungsgleich. Weitere signifikante Unterschiede lassen sich ebenso wenig beim Vergleich der beiden Mädchengruppen, wie beim Vergleich der beiden Jungengruppen hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen feststellen (siehe Tabellen 28 und 29).

Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Interventionsgruppe	56	64,04	1257,500	-2,118	0,034
	Kontrollgruppe	58	51,18			
	Gesamtsumme	114				
Anforderungen-Verständlichkeit	Interventionsgruppe	56	67,58	1059,500	-3,279	0,001
	Kontrollgruppe	58	47,77			
	Gesamtsumme	114				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Interventionsgruppe	54	53,54	1132,000	-0,952	0,341
	Kontrollgruppe	47	48,09			
	Gesamtsumme	101				
Relevanz der Themen	Interventionsgruppe	55	59,69	1337,000	-1,207	0,227
	Kontrollgruppe	56	52,38			
	Gesamtsumme	111				
Partizipationsmöglichkeiten	Interventionsgruppe	54	59,38	1140,500	-1,902	0,057
	Kontrollgruppe	53	48,52			
	Gesamtsumme	107				

Tabelle 29: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Interventionsgruppe	42	44,93	780,000	-0,936	0,349
	Kontrollgruppe	42	40,07			
	Gesamtsumme	84				
Anforderungen-Verständlichkeit	Interventionsgruppe	40	41,69	832,500	-0,071	0,943
	Kontrollgruppe	42	41,32			
	Gesamtsumme	82				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Interventionsgruppe	39	34,56	568,000	-1,085	0,278
	Kontrollgruppe	34	39,79			
	Gesamtsumme	73				
Relevanz der Themen	Interventionsgruppe	39	40,29	768,500	-0,114	0,909
	Kontrollgruppe	40	39,71			
	Gesamtsumme	79				
Partizipationsmöglichkeiten	Interventionsgruppe	40	42,30	608,000	-1,393	0,164
	Kontrollgruppe	37	35,43			
	Gesamtsumme	77				

Betrachtet man zudem die untere Tabelle 30, die die Ergebnisse der Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der Bewertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen zwischen den Schülerinnen und Schülern der jahrgangsübergreifenden Interventionsgruppe im Prätest zeigt, so wird deutlich, dass innerhalb der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen zwischen den Mädchen und Jungen vorliegen.

Tabelle 30: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe (jahrgangsübergreifend)

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	42	49,40	1172,000	-0,030	0,976
	Schülerinnen	56	49,57			
	Gesamtsumme	98				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	40	44,14	945,500	-1,340	0,180
	Schülerinnen	56	51,62			
	Gesamtsumme	96				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	39	41,88	853,500	-1,585	0,113
	Schülerinnen	54	50,69			
	Gesamtsumme	93				
Relevanz der Themen	Schüler	39	44,44	953,000	-0,924	0,355
	Schülerinnen	55	49,67			
	Gesamtsumme	94				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	40	46,54	1041,500	-0,309	0,757
	Schülerinnen	54	48,21			
	Gesamtsumme	94				

5.1.8 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der Bewertung der Lernklima-Dimensionen nach der durchgeführten Unterrichtseinheit durch die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden, zeigen in einigen Lernklima-Dimensionen signifikante Unterschiede. So bewerten die Schülerinnen der Interventionsgruppe die Lernklima-Dimensionen „Anforderungen und Verständlichkeit“, „Fachbezug“

und „Relevanz der Themen“ signifikant höher als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Der noch im Prätest gemessene signifikante Unterschied zwischen den beiden Mädchengruppen hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimension „Allgemeine Zufriedenheit“ ist dagegen nach der durchgeführten Intervention nicht mehr feststellbar (siehe Tabelle 31).

Tabelle 31: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Interventionsgruppe	56	61,84	1325,000	-1,588	0,112
	Kontrollgruppe	57	52,25			
	Gesamtsumme	113				
Anforderungen-Verständlichkeit	Interventionsgruppe	56	69,96	870,500	-4,265 (r=0,4012)	<0,001
	Kontrollgruppe	57	44,27			
	Gesamtsumme	113				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Interventionsgruppe	52	64,13	851,000	-3,551 (r=0,3449)	<0,001
	Kontrollgruppe	54	43,26			
	Gesamtsumme	106				
Relevanz der Themen	Interventionsgruppe	54	63,38	1140,500	-2,377 (r=0,2256)	0,017
	Kontrollgruppe	57	49,01			
	Gesamtsumme	111				
Partizipationsmöglichkeiten	Interventionsgruppe	55	61,07	1206,500	-1,896	0,058
	Kontrollgruppe	55	49,93			
	Gesamtsumme	110				

Die Ergebnisse der Auswertung der Wilcoxon-Tests in den Tabellen 32 und 33 zeigen, dass die Mädchen der Interventionsgruppe im Posttest die Lernklima-Dimensionen nicht signifikant anders bewerten als im Prätest. Bei den Mädchen der Kontrollgruppe gibt es dagegen signifikant schlechtere Bewertungen der Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ im Posttest verglichen mit den Bewertungen im Prätest. Diese führen maßgeblich zu den durch den Mann-Whitney-U-Test festgestellten signifikanten Unterschieden in der Bewertung dieser Lernklima-Dimensionen.

Tabelle 32: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schülerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest (jahrgangsübergreifend)

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	25[a]	16,48	412,00
		Positive Ränge	10[b]	21,80	218,00
		Bindungen	21[c]		
		Gesamtsumme	56		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	21[a]	18,71	393,00
		Positive Ränge	15[b]	18,20	273,00
		Bindungen	21[c]		
		Gesamtsumme	57		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	15[d]	17,23	258,50
		Positive Ränge	20[e]	18,58	371,50
		Bindungen	21[f]		
		Gesamtsumme	56		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	22[d]	19,77	435,00
		Positive Ränge	19[e]	22,42	426,00
		Bindungen	16[f]		
		Gesamtsumme	57		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	20[g]	19,25	385,00
		Positive Ränge	19[h]	20,79	395,00

		Bindungen	12[i]		
		Gesamtsumme	51		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	28[g]	20,50	574,00
		Positive Ränge	12[h]	20,50	246,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	46		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	22[j]	17,45	384,00
		Positive Ränge	15[k]	21,27	319,00
		Bindungen	16[l]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	25[j]	22,58	564,50
		Positive Ränge	14[k]	15,39	215,50
		Bindungen	16[l]		
		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	21[m]	18,36	385,50
		Positive Ränge	14[n]	17,46	244,50
		Bindungen	18[o]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	16[m]	18,56	297,00
		Positive Ränge	14[n]	12,00	168,00
		Bindungen	21[o]		
		Gesamtsumme	51		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 33: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen jahrgangsübergreifend

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-1,619[b]	-0,969[a]	-0,071[a]	-0,500[b]	-1,193[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,105	0,333	0,943	0,617	0,233
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,968[b]	-0,060[b]	-2,236[b]	-2,465[b]	-1,386[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,333	0,952	0,025	0,014	0,166
	Effektstärke r	-	-	0,3297	0,3324	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Beim Vergleich der Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, mit den Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden, zeigen die Ergebnisse des durchgeführten Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 34, dass keine signifikanten Unterschiede in den Bewertungen der einzelnen Lernklima-Dimensionen im Posttest vorliegen.

Tabelle 34: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Interventionsgruppe	41	42,20	730,000	-0,686	0,493
	Kontrollgruppe	39	38,72			
	Gesamtsumme	80				
Anforderungen-Verständlichkeit	Interventionsgruppe	41	41,11	733,500	-0,454	0,650
	Kontrollgruppe	38	38,80			
	Gesamtsumme	79				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Interventionsgruppe	38	42,89	555,000	-1,767	0,077
	Kontrollgruppe	38	34,11			
	Gesamtsumme	76				
Relevanz der Themen	Interventionsgruppe	39	39,00	741,000	0,000	1,000
	Kontrollgruppe	38	39,00			
	Gesamtsumme	77				
Partizipationsmöglichkeiten	Interventionsgruppe	41	41,15	773,000	-0,264	0,792
	Kontrollgruppe	39	39,82			
	Gesamtsumme	80				

Vergleicht man in beiden Jungengruppen die Bewertungen der Lernklima-Dimensionen im Posttest mit denen im Prätest, so zeigt der durchgeführte Wilcoxon-Test keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten für die Jungen der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 36). Dagegen bewerten die Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden, nach der durchgeführten Unterrichtseinheit die Lernklima-Dimensionen „Anforderungen und Verständlichkeit“ und „Fachbezug“ signifikant anders bzw. schlechter als vor der Durchführung (siehe Tabelle 36).

Tabelle 35: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	11[a]	12,45	137,00
		Positive Ränge	10[b]	9,40	94,00
		Bindungen	20[c]		
		Gesamtsumme	41		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	15[a]	14,67	220,00
		Positive Ränge	11[b]	11,91	131,00
		Bindungen	13[c]		
		Gesamtsumme	39		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	13[d]	15,54	202,00
		Positive Ränge	12[e]	10,25	123,00
		Bindungen	14[f]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	19[d]	14,55	276,50
		Positive Ränge	8[e]	12,69	101,50
		Bindungen	11[f]		
		Gesamtsumme	38		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	13[g]	15,19	197,50
		Positive Ränge	14[h]	12,89	180,50
		Bindungen	8[i]		
		Gesamtsumme	35		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	19[g]	12,79	243,00
		Positive Ränge	5[h]	11,40	57,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	30		
	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	15[j]	14,30	214,50

Interventionsgruppe		Positive Ränge	9[k]	9,50	85,50
		Bindungen	12[l]		
		Gesamtsumme	36		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	14[j]	10,14	142,00
		Positive Ränge	6[k]	11,33	68,00
		Bindungen	17[l]		
		Gesamtsumme	37		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	15[m]	11,37	170,50
		Positive Ränge	7[n]	11,79	82,50
		Bindungen	17[o]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	9[m]	11,00	99,00
		Positive Ränge	13[n]	11,84	154,00
		Bindungen	13[o]		
		Gesamtsumme	35		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 36: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler jahrgangsübergreifend

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-0,762[b]	-1,098[b]	-0,206[b]	-1,876[b]	-1,454[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,446	0,272	0,837	0,061	0,146
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,156[b]	-2,136[b]	-2,683[b]	-1,412[b]	-0,916[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,248	0,033	0,007	0,158	0,360
	Effektstärke r	-	0,3465	0,4898	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Obwohl mittels Wilxocon-Tests sowohl für die Mädchen als auch für die Jungen der Interventionsgruppe keine signifikanten Änderungen in der Bewertung der Lernklima-Dimensionen festgestellt werden konnten, lässt sich nach der durchgeführten Unterrichtseinheit ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“ zwischen beiden Gruppen feststellen. Die Mädchen erzielen im Mann-Whitney-U-Test einen wesentlich höheren mittleren Rang als die Jungen (siehe Tabelle 37). Das bedeutet, dass sie eher der Meinung sind, dass die Inhalte der durchgeführten Unterrichtseinheit verständlich geworden sind und ihren Anforderungen entsprechen als die Jungen.

Tabelle 37: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe (jahrgangsübergreifend)

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	41	51,55	1043,50	-0,783	0,433
	Schülerinnen	56	47,13			
	Gesamtsumme	97				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	41	41,37	835,000	-2,353 (r=0,2389)	0,019
	Schülerinnen	56	54,59			
	Gesamtsumme	97				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	38	40,78	808,500	-1,493	0,135
	Schülerinnen	52	48,95			
	Gesamtsumme	90				
Relevanz der Themen	Schüler	39	41,33	832,000	-1,738	0,082
	Schülerinnen	54	51,09			
	Gesamtsumme	93				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	41	45,91	1021,500	-0,817	0,414
	Schülerinnen	55	50,43			
	Gesamtsumme	96				

5.1.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Untersuchungen mittels Mann-Whitney-U-Test (siehe Tabelle 38) zeigen, dass zwischen den Mädchen der 6. Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova arbeiten sollen, und den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet werden sollen, keine signifikanten Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen bestehen.

Tabelle 38: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	32	30,48	447,500	-1,694	0,096
	Interventionsgruppe	36	38,07			
	Gesamtsumme	68				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	32	30,83	458,500	-1,515	0,130
	Interventionsgruppe	36	37,76			
	Gesamtsumme	68				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	22	25,82	315,000	-1,007	0,314
	Interventionsgruppe	34	30,24			
	Gesamtsumme	56				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	30	28,75	397,500	-1,697	0,090
	Interventionsgruppe	35	36,64			
	Gesamtsumme	65				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	29	27,79	371,000	-1,763	0,078
	Interventionsgruppe	34	35,59			
	Gesamtsumme	63				

Das gleiche Bild zeigt sich auch bei einem Vergleich der Jungen der beiden Gruppen (siehe Tabelle 39). Wenngleich der Unterschied bei diesen in der Lernklima-Dimension „Partizipation und Mitarbeit“ mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,054 sehr knapp nicht signifikant ist und die Schüler der Interventionsgruppe einen deutlich höheren mittleren Rang erzielen als die Schüler der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 39).

Tabelle 39: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	21	19,67	182,000	-1,695	0,143
	Interventionsgruppe	23	25,09			
	Gesamtsumme	44				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	21	22,67	217,000	-1,515	0,722
	Interventionsgruppe	22	21,36			
	Gesamtsumme	43				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	13	14,75	85,000	-1,007	0,090 (Exakt: 0,102)
	Interventionsgruppe	20	20,46			
	Gesamtsumme	33				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	19	19,95	189,000	-1,696	0,977 (Exakt: 0,989)
	Interventionsgruppe	20	20,05			
	Gesamtsumme	39				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	18	16,44	125,000	-1,763	0,054 (Exakt: 0,073)
	Interventionsgruppe	21	23,05			
	Gesamtsumme	39				

Vergleicht man die Bewertung der Lernklima-Dimensionen zwischen den Mädchen und den Jungen der Interventionsgruppe, so lässt sich lediglich in der Lernklima-Dimension „Fachbezug“ ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen feststellen. Die Mädchen bewerten dabei diese Lernklima-Dimension höher als die die Jungen.

Tabelle 40: Mann-Whitney-U-Test – Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	23	30,13	411,000	-0,051	0,959
	Schülerinnen	36	29,92			
	Gesamtsumme	59				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	22	26,84	337,500	-0,994	0,320
	Schülerinnen	36	31,13			
	Gesamtsumme	58				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	20	21,20	214,000	-2,291	0,022
	Schülerinnen	34	31,21			
	Gesamtsumme	54				
Relevanz der Themen	Schüler	20	24,95	289,000	-1,080	0,280
	Schülerinnen	35	29,74			
	Gesamtsumme	55				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	21	31,60	281,500	-1,405	0,160
	Schülerinnen	34	25,78			
	Gesamtsumme	55				

5.1.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit zeigen sich beim Vergleich der Schülerinnen, die mit dem Student Response System unterrichtet wurden und der Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden, signifikante Unterschiede in allen Lernklima-Dimensionen. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen beim Mann-Whitney-U-Test durchgängig höhere mittlere Ränge als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	32	29,41	413,000	-2,061 (r=0,2499)	0,039
	Interventionsgruppe	36	39,03			
	Gesamtsumme	68				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	32	24,42	253,500	-4,116 (r=0,4991)	<0,001
	Interventionsgruppe	36	43,46			
	Gesamtsumme	68				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	29	22,91	229,500	-3,436 (r=0,4399)	0,001
	Interventionsgruppe	32	38,33			
	Gesamtsumme	61				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	32	26,36	315,500	-2,977 (r=0,3664)	0,003
	Interventionsgruppe	34	40,22			
	Gesamtsumme	66				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	32	28,31	378,000	-2,363 (r=0,2887)	0,018
	Interventionsgruppe	35	39,20			
	Gesamtsumme	67				

Zieht man zusätzlich die mittels Wilcoxon-Tests erhobenen Veränderungen zwischen dem Antwortverhalten im Prä- und Posttest hinzu, so erkennt man, dass die Mädchen der Kontrollgruppe in allen Lernklima-Dimensionen negative Entwicklungen aufweisen, die in den Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Relevanz der Themen“ signifikant sind. Bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe sind dagegen keine signifikanten Änderungen feststellbar (siehe Tabelle 43). Auffällig sind die gegenläufigen Tendenzen in der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen deutlich höhere Rangsummen bei den positiven Rängen im Vergleich zu den Rangsummen der negativen Ränge. Dies ist bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe genau andersherum. Wenngleich beide Entwicklungen nicht signifikant sind. In der Lernklima-Dimension „Partizipation und Mitarbeit“ zeigen sich bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe zudem stark negative Tendenzen, die knapp nicht signifikant sind.

Tabelle 42: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen - Schülerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	13[a]	9,12	118,50
		Positive Ränge	7[b]	13,07	91,50
		Bindungen	16[c]		
		Gesamtsumme	36		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	16[a]	10,72	171,50
		Positive Ränge	5[b]	11,90	59,50
		Bindungen	11[c]		
		Gesamtsumme	32		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	8[d]	10,50	84,00
		Positive Ränge	15[e]	12,80	192,00
		Bindungen	13[f]		
		Gesamtsumme	36		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	13[d]	11,04	143,50
		Positive Ränge	7[e]	9,50	66,50
		Bindungen	12[f]		
		Gesamtsumme	32		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	11[g]	12,68	139,50
		Positive Ränge	16[h]	14,91	238,50
		Bindungen	4[i]		

		Gesamtsumme	31		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	13[g]	9,08	118,00
		Positive Ränge	7[h]	13,14	92,00
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	22		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	16[j]	11,97	191,50
		Positive Ränge	8[k]	13,56	108,50
		Bindungen	9[l]		
		Gesamtsumme	33		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	17[j]	12,76	217,00
		Positive Ränge	5[k]	7,20	36,00
		Bindungen	8[l]		
		Gesamtsumme	30		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	13[m]	13,15	171,00
		Positive Ränge	11[n]	11,73	129,00
		Bindungen	9[o]		
		Gesamtsumme	33		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	11[m]	11,73	129,00
		Positive Ränge	7[n]	6,00	42,00
		Bindungen	11[o]		
		Gesamtsumme	29		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 43: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen Klasse 6

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-0,510[b]	-1,785[a]	-1,208[a]	-1,202[b]	-0,616[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,610	0,074	0,227	0,229	0,538
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,996[b]	-1,478[b]	-0,490[b]	-2,975[b]	-1,951[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,046	0,139	0,624	0,003	0,051
	Effektstärke r	0,3528	-	-	0,5432	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Beim Vergleich der Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit den Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, lassen sich mittels Mann-Whitney-U-Tests keine signifikanten Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen feststellen. Mit Ausnahme der Lernklima-Dimension „Relevanz der Themen“ erzielen die Schüler der Interventionsgruppe höhere mittlere Ränge als die Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist in den Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Anforderungen und Verständlichkeit“ mit asymptotischen Signifikanzen von p= 0,096 bzw. p= 0,122 knapp nicht signifikant.

Tabelle 44: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	21	18,88	165,500	-1,666	0,096
	Interventionsgruppe	22	24,98			
	Gesamtsumme	43				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	21	19,05	169,000	-1,548	0,122
	Interventionsgruppe	22	24,82			
	Gesamtsumme	43				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	20	19,58	181,500	-0,512	0,608 (Exakt: 0,620)
	Interventionsgruppe	20	21,43			
	Gesamtsumme	40				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	20	21,90	192,000	-0,475	0,635
	Interventionsgruppe	21	20,14			
	Gesamtsumme	41				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	21	20,19	193,000	-0,966	0,334
	Interventionsgruppe	22	23,73			
	Gesamtsumme	43				

Mittels Wilcoxon-Tests lässt sich zeigen, dass es sowohl bei den Schülern der Kontroll-, als auch bei den Schülern der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest in den Lernklima-Dimensionen gibt. Auffällig ist jedoch, dass in der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“ die gleiche Tendenz beobachtbar ist wie beim Vergleich der Schülerinnen der Interventionsgruppe mit den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Die Veränderungen bei den Schülern der Kontrollgruppe weisen mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,062 negative Tendenzen auf, die knapp nicht signifikant sind.

Tabelle 45: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler der Interventions- und Kontrollgruppe Klasse 6 Prä-/Posttest

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	4^{a}	4,25	17,00
		Positive Ränge	4^{b}	4,75	19,00
		Bindungen	14^{c}		
		Gesamtsumme	22		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	10^{a}	9,05	90,50
		Positive Ränge	6^{b}	7,58	45,50
		Bindungen	5^{c}		
		Gesamtsumme	21		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	4^{d}	7,25	29,00
		Positive Ränge	7^{e}	5,29	37,00
		Bindungen	10^{f}		
		Gesamtsumme	21		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	11^{d}	8,41	92,50
		Positive Ränge	4^{e}	6,88	27,50
		Bindungen	6^{f}		
		Gesamtsumme	21		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	8^{g}	8,00	64,00
		Positive Ränge	8^{h}	9,00	72,00
		Bindungen	1^{i}		
		Gesamtsumme	17		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	7^{g}	5,36	37,50
		Positive Ränge	3^{h}	5,83	17,50
		Bindungen	2^{i}		
		Gesamtsumme	12		
	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	9^{j}	7,56	68,00

Interventionsgruppe		Positive Ränge	4[k]	5,75	23,00
		Bindungen	5[l]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	5[j]	6,30	31,50
		Positive Ränge	5[k]	4,70	23,50
		Bindungen	9[l]		
		Gesamtsumme	19		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	7[m]	5,00	35,00
		Positive Ränge	3[n]	6,67	20,00
		Bindungen	10[o]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	6[m]	6,17	37,00
		Positive Ränge	6[n]	6,83	41,00
		Bindungen	6[o]		
		Gesamtsumme	18		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 46: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler Klasse 6

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-0,144[b]	-0,372[a]	-0,209[a]	-1,615[b]	-0,777[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,886	0,710	0,834	0,106	0,437
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,190[b]	-1,869[b]	-1,024[b]	-0,412[b]	-0,161[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,234	0,062	0,306	0,681	0,872
	Effektstärke r	-	-	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Der Vergleich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen durch die Mädchen bzw. Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, zeigt den schon aus dem Prätest vorhandenen signifikanten Unterschied in der Bewertung der Lernklima-Dimension „Fachbezug“. Ansonsten liegen keine signifikanten Unterschiede in den Bewertungen der Lernklima-Dimensionen vor (siehe Tabelle 47).

Tabelle 47: Mann-Whitney-U-Test – Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	22	33,16	315,500	-1,367	0,172
	Schülerinnen	36	27,26			
	Gesamtsumme	58				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	22	25,91	317,000	-1,342	0,180
	Schülerinnen	36	31,69			
	Gesamtsumme	58				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	20	20,00	190,000	-2,485 (r=0,3446)	0,013
	Schülerinnen	32	30,56			
	Gesamtsumme	52				
Relevanz der Themen	Schüler	21	24,79	289,500	-1,184	0,236
	Schülerinnen	34	29,99			
	Gesamtsumme	55				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	22	28,73	379,0000	-0,105	0,916
	Schülerinnen	35	29,17			
	Gesamtsumme	57				

5.1.11 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Vor Beginn der Unterrichtseinheit zeigen sich zwischen den Schülerinnen der 10. Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen und den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet werden sollen, keine signifikanten Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“, „Fachbezug“, „Relevanz der Themen“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ (siehe Tabelle 48). In der Lernklima-Dimension „Anforderungen – Verständlichkeit“ gibt es dagegen einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 48).

Tabelle 48: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	26	20,96	194,000	-1,492	0,136
	Interventionsgruppe	20	26,80			
	Gesamtsumme	46				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	26	18,71	135,500	-2,847	0,004
	Interventionsgruppe	20	29,73			
	Gesamtsumme	46				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	25	20,58	189,500	-1,437	0,151
	Interventionsgruppe	20	26,03			
	Gesamtsumme	45				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	26	25,44	209,500	-1,145	0,252
	Interventionsgruppe	20	20,98			
	Gesamtsumme	46				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	24	21,13	207,000	-0,821	0,411
	Interventionsgruppe	20	24,15			
	Gesamtsumme	44				

Bei den Schülern der 10. Klasse zeigt die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests (siehe Tabelle 49), dass es in allen erhobenen Lernklima-Dimensionen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe gibt. Beide Gruppen sind somit hinsichtlich der erhobenen Lernklima-Dimensionen voraussetzungsgleich. Der Vergleich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen durch die Schülerinnen bzw. Schüler der Interventionsgruppe zeigt ebenso wenig signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 50).

Tabelle 49: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	21	21,07	187,500	-0,332	0,740 (Exakt: 0,748[b])
	Interventionsgruppe	19	19,87			
	Gesamtsumme	40				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	21	20,40	180,500	-0,244	0,807 (Exakt: 0,813[b])
	Interventionsgruppe	18	19,53			
	Gesamtsumme	39				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	21	18,69	161,500	-1,079	0,281 (Exakt: 0,307[b])
	Interventionsgruppe	19	22,50			
	Gesamtsumme	40				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	21	21,29	183,000	-0,455	0,649 (Exakt: 0,668[b])
	Interventionsgruppe	19	19,63			
	Gesamtsumme	40				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	19	19,39	178,500	-0,060	0,952 (Exakt: 0,954[b])
	Interventionsgruppe	19	19,61			
	Gesamtsumme	38				

b: nicht für Bindungen korrigiert

Tabelle 50: Mann-Whitney-U-Test – Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	19	19,84	187,000	-0,086	0,931 (Exakt: 0,945[b])
	Schülerinnen	20	20,15			
	Gesamtsumme	39				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	18	17,83	150,000	-0,896	0,370 (Exakt: 0,393[b])
	Schülerinnen	20	21,00			
	Gesamtsumme	38				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	19	18,79	167,000	-0,679	0,497 (Exakt: 0,531[b])
	Schülerinnen	20	21,15			
	Gesamtsumme	39				
Relevanz der Themen	Schüler	19	21,03	170,500	-0,561	0,575(Exakt: 0,588[b])
	Schülerinnen	20	19,03			
	Gesamtsumme	39				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	19	16,89	131,000	-1,725	0,084 (Exakt: 0,101[b])
	Schülerinnen	20	22,95			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.1.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 51 zeigt, dass es nach der durchgeführten Unterrichtseinheit zwischen den Schülerinnen der Interventions- und den Schülerinnen der Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede in den erhobenen Lernklima-Dimensionen gibt. Der vor der Durchführung festgestellte signifikante Unterschied in der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“ hat sich somit aufgelöst. Anhand der Auswertung des Wilcoxon-Tests lässt sich erkennen, dass die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, nach der durchgeführten Unterrichtseinheit ihre Zufriedenheit im Chemieunterrichtet signifikant schlechter bewerten als vor der Durchführung (siehe Tabelle 53) Unterrichtseinheit. Bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe ist dagegen verglichen mit dem Prätest eine signifikant schlechtere Bewertung der Lernklima-Dimension „Fachbezug“ im Posttest feststellbar. Diese negative Tendenz ist bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe ebenfalls beobachtbar, jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,071 > 0,05$ nicht signifikant.

Tabelle 51: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	25	23,58	235,500	-0,340	0,734
	Interventionsgruppe	20	22,28			
	Gesamtsumme	45				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	25	20,38	184,500	-1,521	0,128
	Interventionsgruppe	20	26,28			
	Gesamtsumme	45				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	25	20,14	178,500	-1,673	0,094
	Interventionsgruppe	20	26,58			
	Gesamtsumme	45				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	25	23,35	243,000	-0,163	0,870
	Interventionsgruppe	20	22,72			
	Gesamtsumme	45				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	23	22,48	219,000	-0,288	0,774
	Interventionsgruppe	20	21,45			
	Gesamtsumme	43				

Tabelle 52: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schülerinnen Klasse 10 Prä-/Posttest

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	12[a]	8,04	96,50
		Positive Ränge	3[b]	7,83	23,50
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	5[a]	9,00	45,00
		Positive Ränge	10[b]	7,50	75,00
		Bindungen	10[c]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	7[d]	6,00	42,00
		Positive Ränge	5[e]	7,20	36,00
		Bindungen	8[f]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	9[d]	8,61	77,50
		Positive Ränge	12[e]	12,79	153,50
		Bindungen	4[f]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	9[g]	6,83	61,50
		Positive Ränge	3[h]	5,50	16,50
		Bindungen	8[i]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	15[g]	12,00	180,00
		Positive Ränge	5[h]	6,00	30,00
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	24		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	6[j]	4,50	27,00
		Positive Ränge	7[k]	9,14	64,00
		Bindungen	7[l]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	8[j]	10,31	82,50
		Positive Ränge	9[k]	7,83	70,50
		Bindungen	8[l]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	8[m]	5,94	47,50
		Positive Ränge	3[n]	6,17	18,50
		Bindungen	9[o]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	5[m]	6,70	33,50
		Positive Ränge	7[n]	6,36	44,50
		Bindungen	10[o]		
		Gesamtsumme	22		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 53: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen Klasse 10

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-2,150[b]	-0,238[b]	-1,806[b]	-1,336[a]	-1,347[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,032	0,812	0,071	0,182	0,178
	Effektstärke r	0,4808	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,874[a]	-1,356[a]	-2,865[b]	-0,287[b]	-0,462[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,382	0,175	0,004	0,774	0,644
	Effektstärke r	-	-	0,5848	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Bei den Schülern der 10. Klassen lässt sich nach der durchgeführten Unterrichtseinheit ein signifikanter Unterschied in der erhobenen Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ feststellen (siehe Tabelle 54). Die Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, erzielen im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Die Auswertung des Wilcoxon-Tests zeigt für die Schüler der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest. Die Schüler der Kontrollgruppe bewerten die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ im Posttest dagegen signifikant schlechter als im Prätest (siehe Tabelle 56). Auch hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Relevanz der Themen“ gibt es bei den Schülern der Kontrollgruppe im Posttest ein signifikant anderes Antwortverhalten als im Prätest (siehe Tabelle 56).

Tabelle 54: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Kontrollgruppe	18	20,36	146,500	-0,759	0,448 (Exakt: 0,461[b])
	Interventionsgruppe	19	17,71			
	Gesamtsumme	37				
Anforderungen-Verständlichkeit	Kontrollgruppe	17	20,41	129,000	-1,042	0,297 (Exakt: 0,315[b])
	Interventionsgruppe	19	16,79			
	Gesamtsumme	36				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Kontrollgruppe	18	14,42	88,500	-2,377 (r=0,3962)	0,017 (Exakt: 0,019[b])
	Interventionsgruppe	18	22,58			
	Gesamtsumme	36				
Relevanz der Themen	Kontrollgruppe	18	18,14	155,500	-0,212	0,832 (Exakt: 0,839[b])
	Interventionsgruppe	18	18,86			
	Gesamtsumme	36				
Partizipationsmöglichkeiten	Kontrollgruppe	18	20,58	142,500	-0,899	0,368 (Exakt: 0,391[b])
	Interventionsgruppe	19	17,50			
	Gesamtsumme	37				

b: nicht für Bindungen korrigiert

Tabelle 55: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler Klasse 10 Prä-/Posttest

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	7[a]	8,57	60,00
		Positive Ränge	6[b]	5,17	31,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	AZPost - AZPre	Negative Ränge	5[a]	6,20	31,00
		Positive Ränge	5[b]	4,80	24,00
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	9[d]	8,61	77,50
		Positive Ränge	5[e]	5,50	27,50
		Bindungen	4[f]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	ANVPost - ANVPre	Negative Ränge	8[d]	6,63	53,00
		Positive Ränge	4[e]	6,25	25,00
		Bindungen	5[f]		
		Gesamtsumme	17		
Interventionsgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	5[g]	7,90	39,50
		Positive Ränge	6[h]	4,42	26,50
		Bindungen	7[i]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	FBPost - FBPre	Negative Ränge	12[g]	8,08	97,00
		Positive Ränge	2[h]	4,00	8,00
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	6[j]	7,58	45,50
		Positive Ränge	5[k]	4,10	20,50
		Bindungen	7[l]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	RdTPost - RdTPre	Negative Ränge	9[j]	5,11	46,00
		Positive Ränge	1[k]	9,00	9,00
		Bindungen	8[l]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	8[m]	6,88	55,00
		Positive Ränge	4[n]	5,75	23,00
		Bindungen	7[o]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	PMPost - PMPre	Negative Ränge	3[m]	5,33	16,00
		Positive Ränge	7[n]	5,57	39,00
		Bindungen	7[o]		
		Gesamtsumme	17		

a: AZPost < AZPre; b: AZPost > AZPre; c: AZpre = AZPost; d: ANVPost < ANVPre; e: ANVPost > ANVPre; f: ANVPost = ANVPre; g: FBPost < FBPre; h: FBPost > FBPre; i: FBPost = FBPre; j: RdTPost < RdTPre; k: RdTPost > RdTPre; l: RdTPost = RdTPre; m: PMPost < PMPre; n: PMPost > PMPre; o: PMPost = PMPre

Tabelle 56: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler Klasse 10

		AZPost - AZPre	ANVPost – ANVPre	FBPost - FBPre	RdTPost - RdTPre	PMPost – PMPre
Interventionsgruppe	Z	-1,028[b]	-1,605[b]	-0,585[b]	-1,125[a]	-1,275[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,304	0,108	0,559	0,261	0,202
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,364[b]	-1,122[b]	-2,841[b]	-1,964[b]	-1,201[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,716	0,262	0,004	0,050	0,230
	Effektstärke r	-	-	0,6696	0,4629	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Der Vergleich der Mädchen mit den Jungen aus der Interventionsgruppe zeigt auch nach dem Unterricht mit ARSnova keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen (siehe Tabelle 57).

Tabelle 57: Mann-Whitney-U-Test – Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Dimension	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Zufriedenheit	Schüler	19	20,63	178,000	-0,343	0,732 (Exakt: 0,749[b])
	Schülerinnen	20	19,40			
	Gesamtsumme	39				
Anforderungen-Verständlichkeit	Schüler	19	16,87	130,500	-1,693	0,090 (Exakt: 0,095[b])
	Schülerinnen	20	22,98			
	Gesamtsumme	39				
Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art)	Schüler	18	19,97	171,500	-0,256	0,798 (Exakt: 0,806[b])
	Schülerinnen	20	19,08			
	Gesamtsumme	38				
Relevanz der Themen	Schüler	18	18,67	165,500	-0,449	0,653 (Exakt: 0,675[b])
	Schülerinnen	20	20,25			
	Gesamtsumme	38				
Partizipationsmöglichkeiten	Schüler	19	18,11	154,000	-1,043	0,297 (Exakt: 0,322[b])
	Schülerinnen	20	21,80			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.2 Auswertung der erhobenen Daten zur Lernmotivation

Im Zuge der Auswertung des Fragebogens und der damit im Zusammenhang stehenden Beantwortung der vorliegenden Forschungsfragen: **Forschungsfrage 2:**

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Einflüsse auf die Lernmotivation feststellen?

und **Forschungsfrage 2a:**

Welche Einflüsse lassen sich durch die Verwendung von ARSnova im Chemieunterricht auf die intrinsische Lernmotivation, verschiedene Faktoren der extrinsischen Lernmotivation, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie feststellen?

wurden die Antwortkategorien zunächst wie folgt codiert. 0 = „stimmt nicht“, 1 = „stimmt eher nicht“, 2 = „stimmt eher“ und 3 = „stimmt voll“ und anschließend in das Statistikprogramm SPSS Version 22 übertragen. Anschließend wurde der Mittelwert der Zustimmung der Items, die zu den Subskalen der intrinsischen Regulation, identifizierten Regulation, introjizierten Regulation und externalen

Regulation gehören, jeweils einzeln berechnet (Müller et al., 2007). Die Berechnung des Selbstbestimmungsindex (SDI) wurde durch folgende Formel vorgenommen (Müller et al., 2007, S.17):

$$\boldsymbol{SDI} = 2 \cdot intrinsische\ Regulation + identifizierte\ Regulation - introjizierte\ Regulation - 2 \cdot externale\ Regulation$$

Des Weiteren wurde die Amotivation der Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie in einer eigenen Skala durch drei Items (siehe Kapitel 4.2) erfasst. Die Items sind durchgängig negativ formuliert, so dass eine hohe Zustimmung der jeweiligen Aussage mit einer höheren Amotivation im Fach Chemie einhergeht. Zur Auswertung wurde der Mittelwert der drei Items gebildet.

5.2.1 Auswertung der Prätests jahrgangsübergreifend

Überprüft man mittels Mann-Whitney-U-Test, ob vor der Durchführung der Unterrichtseinheiten Unterschiede in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung vorliegen, so lässt sich feststellen, dass es zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede gibt (siehe Tabelle 58).

Tabelle 58: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (jahrgangsübergreifend)

Regulationsstile	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	100	93,86	4335,500	-0,936	0,349
	Interventionsgr.	94	101,38			
	Gesamtsumme	194				
Prätest Skala zur Identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	100	95,38	4488,000	-0,032	0,975
	Interventionsgr.	90	95,63			
	Gesamtsumme	190				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	100	98,89	4461,500	-0,488	0,626
	Interventionsgr.	93	94,97			
	Gesamtsumme	193				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	98	100,83	4181,500	-1,111	0,266
	Interventionsgr.	94	91,98			
	Gesamtsumme	192				

Berechnet man mit Hilfe der in Kapitel 5.2 angegebenen Berechnungsformel den Selbstbestimmungsindex (SDI), der den Grad der Selbstbestimmung angibt, so lassen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede ($p > 0{,}05$) zwischen beiden Gruppen feststellen (siehe Tabelle 59).

Tabelle 59: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Prätest jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	92	82,94	3352,500	-1,265	0,206
	Interventionsgr.	82	92,62			
	Gesamtsumme	174				

Auch hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie lässt sich für die jahrgangsübergreifende Auswertung kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen feststellen (siehe Tabelle 60)

Tabelle 60: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie - Prätest jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	102	103,58	4684,000	-0,785	0,432
	Interventionsgruppe	98	97,30			
	Gesamtsumme	200				

Mittels Mann-Whitney-U-Test konnte gezeigt werden, dass sowohl in den einzelnen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung, als auch im Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und in der Amotivation im Fach Chemie kein signifikanter Unterschied zwischen den Schülerinnen und Schülern der Kontroll- und der Interventionsgruppe vorliegen.

5.2.2 Auswertung Posttest jahrgangsübergreifend

Mittels Mann-Whitney-U-Test lässt sich zeigen, dass nach den durchgeführten Unterrichtseinheiten in beiden Jahrgangsstufen ein signifikanter Unterschied (asymptotische Signifikanz $p < 0,05$) zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventions- und Kontrollgruppe hinsichtlich der identifizierten Regulation besteht (siehe Tabelle 61). Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, stimmen den Aussagen zur Erfassung der identifizierten Regulation mehr zu als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe und erzielen folglich einen deutlich höheren mittleren Rang im Mann-Whitney-U-Test (siehe Tabelle 61). Bei der identifizierten Regulation handelt es sich um eine Ausprägung der extrinsischen Motivation, bei der die persönliche Relevanz der Lernhandlung, z.B. das Erreichen eines bestimmten Schulabschlusses oder eines bestimmten Ergebnisses in der Klassenarbeit, im Vordergrund steht (Müller et al., 2007). In den anderen erhobenen Regulationsstilen der intrinsischen, introjizierten und externalen Regulation zeigen sich auch nach der Durchführung der Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 61: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	97	90,05	3982,000	-1,038	0,299
	Interventionsgr.	90	98,26			
	Gesamtsumme	187				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	98	86,88	3663,000	-2,355 (r=0,1704)	0,019
	Interventionsgr.	93	105,61			
	Gesamtsumme	191				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	96	94,53	4413,000	-0,008	0,994
	Interventionsgr.	92	94,47			
	Gesamtsumme	188				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	98	101,73	3897,500	-1,626	0,104
	Interventionsgr.	92	88,86			
	Gesamtsumme	190				

Betrachtet man mittels Wilcoxon-Tests, wie sich die Zustimmung bzw. Ablehnung der einzelnen Items der erhobenen Regulationsstile im Vergleich zum Prätest, der vor der Durchführung der Unterrichtseinheiten durchgeführt wurde, verändert, so zeigen sich einige Veränderungen. Bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe kommt es zu einer stärkeren Ablehnung der Items der identifizierten und introjizierten Regulation im Posttest verglichen mit dem Prätest (siehe Tabelle 63).

Bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe zeigen sich dagegen keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest.

Tabelle 62: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	38[a]	39,38	1496,50
		Positive Ränge	36[b]	35,51	1278,50
		Bindungen	13[c]		
		Gesamtsumme	87		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	39[a]	41,74	1628,00
		Positive Ränge	38[b]	36,18	1375,00
		Bindungen	19[c]		
		Gesamtsumme	96		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	32[d]	34,89	1116,50
		Positive Ränge	38[e]	36,01	1368,50
		Bindungen	14[f]		
		Gesamtsumme	84		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	51[d]	46,74	2383,50
		Positive Ränge	30[e]	31,25	937,50
		Bindungen	15[f]		
		Gesamtsumme	96		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	42[g]	36,18	1519,50
		Positive Ränge	27[h]	33,17	895,50
		Bindungen	18[i]		
		Gesamtsumme	87		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	49[g]	41,58	2037,50
		Positive Ränge	28[h]	34,48	965,50
		Bindungen	17[i]		
		Gesamtsumme	94		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	36[j]	33,72	1214,00
		Positive Ränge	28[k]	30,93	866,00
		Bindungen	24[l]		
		Gesamtsumme	88		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	40[j]	34,33	1373,00
		Positive Ränge	29[k]	35,93	1042,00
		Bindungen	25[l]		
		Gesamtsumme	94		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	36[m]	31,72	1142,00
		Positive Ränge	34[n]	39,50	1343,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	70		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	38[m]	42,11	1600,00
		Positive Ränge	44[n]	40,98	1803,00
		Bindungen	4[o]		
		Gesamtsumme	86		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost = IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost = ExtPre

Tabelle 63: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,591[b]	-0,745[a]	-1,878[b]	-1,182[b]	-0,588[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,554	0,456	0,060	0,237	0,556
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,650[b]	-3,430[b]	-2,743[b]	-1,002[b]	-0,469[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,516	0,001	0,006	0,316	0,639
	Effektstärke r	-	0,3500	0,2800	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Berechnet man mit der in Kapitel 5.2 angegebenen Formel den Selbstbestimmungsindex, der den Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung angibt, so lässt sich anhand der Tabelle 64 feststellen, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response Systems unterrichtet wurden, einen deutlich höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,084 knapp nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden.

Tabelle 64: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	95	83,70	3391,500	-1,730	0,084
	Interventionsgruppe	84	97,13			
	Gesamtsumme	179				

Der Vergleich der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe mit denen der Kontrollgruppe hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie zeigt anhand der Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen (siehe Tabelle 65).

Tabelle 65: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie - Posttest jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	97	102,92	4179,000	-1,371	0,170
	Interventionsgruppe	97	92,08			
	Gesamtsumme	194				

Die Auswertung des Wilcoxon-Tests in den Tabellen 66 und 67 zeigt zudem, dass sich die Amotivation im Fach Chemie sowohl in der Kontroll-, als auch in der Interventionsgruppe von Prä- zu Posttest nicht signifikant verändert hat.

Tabelle 66: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie jahrgangsübergreifende Stichprobe

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPrä	Negative Ränge	29[a]	29,47	854,50
		Positive Ränge	30[b]	30,52	915,50
		Bindungen	37[c]		
		Gesamtsumme	96		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPrä	Negative Ränge	29[a]	31,00	899,00
		Positive Ränge	35[b]	33,74	1181,00
		Bindungen	33[c]		
		Gesamtsumme	97		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPre = Amotivationpos

Tabelle 67: Wilcoxon-Test - Signifikanzen jahrgangsübergreifend

		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,237[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,813
Kontrollgruppe	Z	-0,974[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,330

a: basierend auf positiven Rängen; b: basierend auf negativen Rängen

5.2.3 Auswertung des Prätests Klasse 6

Untersuchungen mittels Mann-Whitney-U-Test zeigen, dass vor der Durchführung der Unterrichtseinheit mit dem Student Response System ARSnova keine signifikanten Unterschiede (p >0,05) zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in den Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung vorliegen (siehe Tabelle 68).

Tabelle 68: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (Prätest Klasse 6)

Regulationsstile	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	54	53,47	1402,500	-0,658	0,510
	Interventionsgruppe	56	57,46			
	Gesamtsumme	110				
Prätest Skala zur Identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	53	53,56	1295,500	-0,366	0,714
	Interventionsgruppe	51	51,40			
	Gesamtsumme	104				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	54	52,13	1330,000	-0,789	0,430
	Interventionsgruppe	54	56,87			
	Gesamtsumme	108				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	52	56,85	1334,000	-0,757	0,449
	Interventionsgruppe	56	52,32			
	Gesamtsumme	108				

Beide Gruppen sind somit in Bezug auf die intrinsische Regulation und den drei Ausprägungen der extrinsischen Regulation (identifizierte Regulation, introjizierte Regulation und externale Regulation) voraussetzungsgleich. Berechnet man wie aus der in Kapitel 5.2 angegebenen Berechnungsformel den Selbstbestimmungsindex (SDI), der den Grad der Selbstbestimmung angibt, so lassen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (p > 0,05) zwischen beiden Gruppen feststellen (siehe Tabelle 69).

Tabelle 69: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Prätest Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	48	44,83	976,000	-0,800	0,424
	Interventionsgruppe	45	49,31			
	Gesamtsumme	93				

Betrachtet man die Tabelle 70, die die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests der Skala zur Amotivation zeigt, so erkennt man, dass die Kontrollgruppe einen geringfügig höheren mittleren Rang erzielt als die Interventionsgruppe. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie sind jedoch nicht signifikant (p > 0,05). Beide Lerngruppen sind somit auch hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie voraussetzungsgleich.

Tabelle 70 Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie- Prätest Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	55	58,35	1520,500	-0,451	0,652
	Interventionsgruppe	58	55,72			
	Gesamtsumme	113				

Mittels des nichtparametrischen Mann-Whitney-U-Tests konnte gezeigt werden, dass vor dem Durchführen der Unterrichtseinheit zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in Klassenstufe 6 weder signifikante Unterschiede (p>0,05) in den einzelnen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung und des Selbstbestimmungsindex, noch in der Amotivation im Fach Chemie vorliegen.

5.2.4 Auswertung des Posttests Klasse 6

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit, die in der Interventionsgruppe mit dem Student Response System ARSnova und in der Kontrollgruppe herkömmlich durchgeführt wurde, zeigen sich mittels Mann-Whitney-U-Test einige interessante Entwicklungen. Der Unterschied zwischen den mittleren Rängen in der intrinsischen Regulation hat im Vergleich zum Prätest weiter zugenommen. Die Interventionsgruppe erzielt hier einen deutlich höheren Wert, wenngleich der Unterschied zwischen beiden Gruppen mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,207 >0,05 nicht signifikant ist. Dagegen hat sich hinsichtlich der identifizierten Regulation ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen herausgebildet (siehe Tabelle 71).

Tabelle 71: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	54	51,16	1277,500	-1,262	0,207
	Interventionsgruppe	55	58,77			
	Gesamtsumme	109				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	55	46,91	1040,000	-2,840 (r=0,2708)	0,005
	Interventionsgruppe	55	64,09			
	Gesamtsumme	110				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	54	50,78	1260,500	-1,067	0,286
	Interventionsgruppe	53	57,16			
	Gesamtsumme	107				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	55	58,86	1327,500	-1,115	0,265
	Interventionsgruppe	55	52,14			
	Gesamtsumme	110				

Wie der Tabelle 71 zu entnehmen ist, erzielen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Bei der identifizierten Regulation handelt es sich um eine Ausprägung der extrinsischen Motivation, bei der die persönliche Relevanz der Lernhandlung, z.B. das Erreichen eines bestimmten Schulabschlusses oder eines bestimmten Ergebnisses in der Klassenarbeit, im Vordergrund steht (Müller et al., 2007) In den beiden anderen Regulationsstilen der introjizierten und der externalen Regulation gibt es im Vergleich zum Prätest keine wesentlichen Veränderungen im Unterschied der mittleren Ränge. Hinsichtlich des berechneten Selbstbestimmungsindexs, der den wahrgenommenen Grad der Selbstbestimmung im Fach Chemie angibt, zeigen sich Veränderungen im Unterschied zwischen den

mittleren Rängen der Kontroll- und der Interventionsgruppe. Der mittlere Rang der Interventionsgruppe hat im Vergleich zum Prätest zugenommen der der Kontrollgruppe abgenommen. Insgesamt liegt die asymptotische Signifikanz mit p= 0,128 über den Signifikanzniveau von 0,05, so dass auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen vorliegt.

Tabelle 72: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	52	47,57	1095,500	-1,520	0,128
	Interventionsgruppe	51	56,52			
	Gesamtsumme	103				

Untersucht man mittels Wilcoxon-Tests, ob es innerhalb der Kontroll- und der Interventionsgruppe signifikante Unterschiede zwischen den Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung und des Selbstbestimmungsindex zwischen Prä- und Posttest gibt, so stellt man einige Entwicklungen fest. In der Tabelle 73 sind die Veränderungen der Ränge (positive und negative Ränge) für die einzelnen Regulationsstile und den berechneten Selbstbestimmungsindex angegeben. Hinsichtlich der Entwicklung der intrinsischen Motivation im Fach Chemie sind in der Interventionsgruppe mehr positive Ränge mit einem höheren mittleren Rang zu beobachten als in der Kontrollgruppe. Die Veränderungen in beiden Gruppen sind jedoch nicht signifikant. Dagegen gibt es in beiden Gruppen signifikante Veränderungen im Bereich der identifizierten Regulation.

Tabelle 73: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	20[a]	24,08	481,50
		Positive Ränge	23[b]	20,20	464,50
		Bindungen	10[c]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	24[a]	24,42	586,00
		Positive Ränge	19[b]	18,95	360,00
		Bindungen	11[c]		
		Gesamtsumme	54		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	16[d]	14,94	239,00
		Positive Ränge	23[e]	23,52	541,00
		Bindungen	8[f]		
		Gesamtsumme	47		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	29[d]	29,79	864,00
		Positive Ränge	19[e]	16,42	312,00
		Bindungen	5[f]		
		Gesamtsumme	53		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	26[g]	21,21	551,50
		Positive Ränge	14[h]	19,18	268,50
		Bindungen	9[i]		
		Gesamtsumme	49		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	27[g]	23,02	621,50
		Positive Ränge	14[h]	17,11	239,50
		Bindungen	11[i]		
		Gesamtsumme	52		

Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	20[j]	21,58	431,50
		Positive Ränge	19[k]	18,34	348,50
		Bindungen	13[l]		
		Gesamtsumme	52		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	20[j]	19,15	383,00
		Positive Ränge	17[k]	18,82	320,00
		Bindungen	15[l]		
		Gesamtsumme	52		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	19[m]	16,08	305,50
		Positive Ränge	20[n]	23,73	474,50
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	23[m]	22,72	522,50
		Positive Ränge	22[n]	23,30	512,50
		Bindungen	1[o]		
		Gesamtsumme	46		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

In der Interventionsgruppe gibt es im Posttest verglichen mit den Ergebnissen des Prä-Tests eine höhere Zustimmung zu den Items der identifizierten Regulation. Diese höhere Zustimmung ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,034 sogar signifikant. In der Kontrollgruppe ist dieser Effekt genau entgegengesetzt. Im Post-Test stimmen die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe somit den Items der identifizierten Regulation weniger zu als im Prä-Test (asymptotische Signifikanz p= 0,004). Hier scheint durch den Unterricht mit dem Student Response System ARSnova eine Veränderung in der Identifikation der Schüler mit längerfristigen Handlungszielen hervorgerufen zu werden.

Im Regulationsstil der introjizierten Regulation gibt es in beiden Gruppen eine ähnliche Entwicklung, erkennbar an der hohen Anzahl an negativen Rängen in beiden Gruppen. Die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen stimmen den Items der introjizierten Regulation im Post-Test somit weniger zu als im Prä-Test. Die Veränderung ist in der Interventionsgruppe mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,054 >0,05 knapp nicht signifikant. In der Kontrollgruppe liegt die asymptotische Signifikanz bei p= 0,013 und unterschreitet somit den geforderten Wert von p= 0,05. Hier gibt es somit eine signifikante Abnahme der introjizierten Regulation im Vergleich zu den Ergebnissen des Prä-Tests. In der externalen Regulation gibt es zwischen der Zustimmung im Prätest und im Posttest in beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen.

Betrachtet man abschließend die Veränderung des berechneten Selbstbestimmungsindex in beiden Gruppen, so stellt man in der Kontrollgruppe nahezu keinen Unterschied in den mittleren Rängen der positiven und negativen Ränge fest. In der Interventionsgruppe ist der mittlere Rang der positiven Ränge deutlich höher als der mittlere Rang der negativen Ränge. Diese positive Entwicklung des Selbstbestimmungsindex ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,238 nicht signifikant. Es kann also nur vermutet werden, dass der Einsatz des Student Response Systems ARSnova einen positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Grad der Selbstbestimmung ausübt.

Tabelle 74: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,103[a]	-2,124[b]	-1,911[a]	-0,587[a]	-1,179[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,918	0,034	0,056	0,557	0,238
	Effektstärke r	-	0,3098	0,273	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,375[a]	-2,848[a]	-2,493[a]	-0,481[a]	-0,056[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,169	0,004	0,013	0,630	0,955
	Effektstärke r	-	0,3912	0,3457	-	-

a: basierend auf positiven Rängen; b: basierend auf negativen Rängen

Betrachtet man den Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie, so zeigt der Mann-Whitney-U-Test, dass sich nach der durchgeführten Unterrichtseinheit im Post-Test ein signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ausgebildet hat (siehe Tabelle 75).

Tabelle 75: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Klasse 6

Amotivation	**Gruppe**	**Häufigkeit H**	**Mittlerer Rang**	**Mann-Whitney-U**	**Z**	**Asym. Sign. (2-seitig)**
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	54	62,31	1198,000	-2,101 (r=0,1994)	0,036
	Interventionsgruppe	57	50,02			
	Gesamtsumme	111				

Der mittlere Rang der Kontrollgruppe ist dabei deutlich größer als der der Interventionsgruppe. Das bedeutet, dass die Kontrollgruppe den drei Items zur Amotivation mehr zustimmt als die Interventionsgruppe und somit die Amotivation im Fach Chemie höher ist als in der Kontrollgruppe.
Die Veränderung der Amotivation zwischen Prä- und Post-Test ist jedoch weder in der Kontrollgruppe noch in der Interventionsgruppe signifikant, wenngleich die Tendenzen in der Kontrollgruppe mit einer höheren Anzahl an positiven Rängen und einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,100 negativer ausfallen als in der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 76).

Tabelle 76: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	15[a]	15,40	231,00
		Positive Ränge	21[b]	20,71	435,00
		Bindungen	18[c]		
		Gesamtsumme	54		
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	18[a]	17,00	306,00
		Positive Ränge	15[b]	17,00	255,00
		Bindungen	23[c]		
		Gesamtsumme	56		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPre = Amotivationpos

Tabelle 77: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Klasse 6

		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,471[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,638
Kontrollgruppe	Z	-1,646[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,100

a: basierend auf positiven Rängen; b: basierend auf negativen Rängen

5.2.5 Auswertung Prätest Klasse 10

Untersucht man mittels des Mann-Whitney-U-Tests, ob es zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe vor Beginn der Unterrichtsreihe signifikante Unterschiede in den Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung gibt, so lässt sich feststellen, dass es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede in den Tendenzen gibt (siehe Tabelle 78). Beide Gruppen sind also hinsichtlich der intrinsischen, identifizierten, introjizierten und der externalen Regulation voraussetzungsgleich.

Tabelle 78: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (Prätest Klasse 10)

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	46	40,72	792,000	-0,740	0,459
	Interventionsgruppe	38	44,66			
	Gesamtsumme	84				
Prätest Skala zur Identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	47	42,51	870,000	-0,407	0,684
	Interventionsgruppe	39	44,69			
	Gesamtsumme	86				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	46	47,48	691,000	-1,826	0,068
	Interventionsgruppe	39	37,72			
	Gesamtsumme	85				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	46	44,22	795,000	-0,715	0,475
	Interventionsgruppe	38	40,42			
	Gesamtsumme	84				

Berechnet man mit der in Kapitel 4.2 angegebenen Formel den Selbstbestimmungsindex, der den Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung angibt, so lässt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe feststellen. Insgesamt ist der mittlere Rang im Mann-Whitney-U-Test der Interventionsgruppe jedoch etwas größer als in der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 79).

Tabelle 79: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex Prätest Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	44	38,39	699,000	-1,090	0,275
	Interventionsgruppe	37	44,11			
	Gesamtsumme	81				

Betrachtet man mittels Mann-Whitney-U-Test, ob es zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe Unterschiede in der Amotivation im Fach Chemie gibt, so zeigt sich, dass ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen vorliegen (siehe Tabelle 79).

Tabelle 80: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation Prätest Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	47	45,67	861,500	-0,677	0,498
	Interventionsgruppe	40	42,04			
	Gesamtsumme	87				

Insgesamt zeigen sich somit weder in den Regulationsstilen der intrinsischen, identifizierten, introjizierten und externalen Regulation und des berechneten Selbstbestimmungsindex noch in der Amotivation im Fach Chemie signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und der

Interventionsgruppe. Beide Gruppen sind also hinsichtlich der oben angegebenen Merkmale voraussetzungsgleich.

5.2.6 Auswertung Posttest Klasse 10

Die beiden Gruppen zeigen auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit, die in der Interventionsgruppe unter Einsatz des Student Response Systems ARSnova durchgeführt wurde, keine signifikanten Unterschiede in den vier untersuchten Regulationsstilen. Der Unterschied in den mittleren Rängen ist in beiden Gruppen in der intrinsischen und der identifizierten Regulation sehr gering. Der mittlere Rang in der introjizierten Regulation ist in der Kontrollgruppe etwas größer als in der Interventionsgruppe, das bedeutet, dass die Kontrollgruppe den Items der introjizierten Regulation mehr zustimmt als die Interventionsgruppe. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,194 nicht signifikant und hat im Vergleich zu den Ergebnissen des Prätests sogar etwas abgenommen. Hinsichtlich der externalen Regulation ist der mittlere Rang der Kontrollgruppe größer als der der Interventionsgruppe. Der Unterschied in den mittleren Rängen zwischen beiden Gruppen hat im Vergleich zu den Ergebnissen des Prätests hinsichtlich dieser Ausprägung der extrinsischen Motivation weiter zugenommen.

Tabelle 81: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	43	39,79	740,000	-0,126	0,900
	Interventionsgruppe	35	39,14			
	Gesamtsumme	78				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	43	40,29	786,500	-0,291	0,771
	Interventionsgruppe	38	41,80			
	Gesamtsumme	81				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	43	44,17	680,500	-1,298	0,194
	Interventionsgruppe	38	37,41			
	Gesamtsumme	81				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	43	43,28	676,000	-1,165	0,244
	Interventionsgruppe	37	37,27			
	Gesamtsumme	80				

Betrachtet man den berechneten Selbstbestimmungsindex beider Gruppen in Tabelle 82, so liegt der mittlere Rang der Interventionsgruppe auch im Posttest über dem der Kontrollgruppe. Der Unterschied im wahrgenommenen Grad der Selbstbestimmung ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,466 > 0,05 allerdings nicht signifikant. Der Unterschied zwischen den mittleren Rängen zwischen beiden Gruppen hat im Vergleich zum Prätest sogar leicht abgenommen.

Tabelle 82: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest Klasse 10

Selbstbestimm-ungsindex	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	43	36,88	640,000	-0,728	0,466
	Interventionsgruppe	33	40,61			
	Gesamtsumme	76				

Untersucht man mittels Wilcoxon-Tests, ob es innerhalb der jeweiligen Gruppe Unterschiede im Antwortverhalten zwischen dem Prätest und dem Posttest hinsichtlich der erhobenen Regulationsstile und des Selbstbestimmungsindexes gibt, so zeigen sich in der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen. In der Kontrollgruppe gibt es eine signifikante Veränderung im Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler zu den Items der identifizierten Regulation (siehe Tabelle 83). Im Posttest stimmen die Schülerinnen und Schülern den Items der identifizierten Regulation signifikant weniger zu als im Prätest (asymptotische Signifikanz 0,047<0,05). Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Untersuchung mit den 6. Klassen. In den anderen Regulationsstilen der Lernmotivation und im Selbstbestimmungsindex gibt es wie in der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten.

Tabelle 83: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	20[a]	24,08	481,50
		Negative Ränge	18[a]	16,83	303,00
		Positive Ränge	13[b]	14,85	193,00
		Bindungen	3[c]		
		Gesamtsumme	34		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	15[a]	16,80	252,00
		Positive Ränge	19[b]	18,05	343,00
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	42		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	16[d]	20,13	322,00
		Positive Ränge	15[e]	11,60	174,00
		Bindungen	6[f]		
		Gesamtsumme	37		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	22[d]	17,75	390,50
		Positive Ränge	11[e]	15,50	170,50
		Bindungen	10[f]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	16[g]	14,81	237,00
		Positive Ränge	13[h]	15,23	198,00
		Bindungen	9[i]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	22[g]	18,91	416,00
		Positive Ränge	14[h]	17,86	250,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	42		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	16[j]	13,00	208,00
		Positive Ränge	9[k]	13,00	117,00
		Bindungen	11[l]		
		Gesamtsumme	36		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	20[j]	16,13	322,50
		Positive Ränge	12[k]	17,13	205,50
		Bindungen	10[l]		
		Gesamtsumme	42		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	17[m]	16,29	277,00
		Positive Ränge	14[n]	15,64	219,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	31		

Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	15[m]	19,33	290,00
		Positive Ränge	22[n]	18,77	413,00
		Bindungen	3[o]		
		Gesamtsumme	40		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 84: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen/ Effektstärke Klasse 10

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-1,096[c]	-1,470[c]	-0,426[c]	-1,247[c]	-0,568[c]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,273	0,142	0,670	0,212	0,570
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,794[b]	-1,985[c]	-1,316[c]	-1,116[c]	-0,928[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,427	0,047	0,188	0,264	0,353
	Effektstärke r	-	0,3027	-	-	-

b: basierend auf negativen Rängen; c: basierend auf positiven Rängen

Zudem lässt sich hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit kein signifikanter Unterschied zwischen den Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova und den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, feststellen (siehe Tabelle 85).

Tabelle 85: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	43	41,40	834,000	-0,240	0,810
	Interventionsgruppe	40	42,65			
	Gesamtsumme	83				

Der Wilcoxon-Test zeigt zudem, dass sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest in der Zustimmung bzw. Ablehnung der drei Items zur Amotivation feststellbar sind (siehe Tabelle 86).

Tabelle 86: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	14[a]	15,89	222,50
		Positive Ränge	14[b]	13,11	183,50
		Bindungen	15[c]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	11[a]	13,09	144,00
		Positive Ränge	15[b]	13,80	207,00
		Bindungen	14[c]		
		Gesamtsumme	40		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 87: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Klasse 10

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,777[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,437
Kontrollgruppe	Z	-0,785[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,432

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

5.2.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Betrachtet man die Tabelle 88, die die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der Schülerinnen der jahrgangsübergreifenden Interventionsgruppe mit den Schülerinnen der jahrgangsübergreifenden Kontrollgruppe hinsichtlich der erhobenen Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung zeigt, so lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Antwortverhalten der Schülerinnen feststellen.

Tabelle 88: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	56	51,69	1298,500	-1,129	0,259
	Interventionsgruppe	53	58,50			
	Gesamtsumme	109				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	57	53,80	1413,500	-0,418	0,676
	Interventionsgruppe	52	56,32			
	Gesamtsumme	109				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	57	61,45	1228,500	-1,839	0,066
	Interventionsgruppe	54	50,25			
	Gesamtsumme	111				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	56	57,38	1463,000	-0,458	0,647
	Interventionsgruppe	55	54,60			
	Gesamtsumme	111				

Auch hinsichtlich des berechneten Selbstbestimmungsindex (siehe Tabelle 89) und der erhobenen Amotivation (siehe Tabelle 90) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Mädchengruppen. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe und die Schülerinnen der Kontrollgruppe sind somit hinsichtlich der erhobenen Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie voraussetzungsgleich.

Tabelle 89: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs -index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	52	46,22	1025,500	-1,377	0,169
	Interventionsgruppe	47	54,18			
	Gesamtsumme	99				

Tabelle 90: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	58	60,40	1456,000	-0,982	0,326
	Interventionsgr.	56	54,50			
	Gesamtsumme	114				

Betrachtet man die Tabellen 91 – 93, die die Auswertungen des Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe hinsichtlich der erhobenen Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung, des Grades der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie zeigen, so lassen sich wie beim Vergleich der entsprechenden Mädchengruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Jungengruppen

feststellen. Die beiden Jungengruppen sind somit hinsichtlich der oben erwähnten Merkmale voraussetzungsgleich.

Tabelle 91: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	42	41,29	831,000	-0,084	0,933
	Interventionsgruppe	40	41,73			
	Gesamtsumme	82				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	41	40,15	732,000	-0,267	0,790
	Interventionsgruppe	37	38,78			
	Gesamtsumme	78				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	41	35,73	604,000	-1,724	0,085
	Interventionsgruppe	38	44,61			
	Gesamtsumme	79				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	40	41,71	671,500	-0,891	0,373
	Interventionsgruppe	38	37,17			
	Gesamtsumme	78				

Tabelle 92: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	38	36,21	635,000	-0,124	0,901
	Interventionsgruppe	34	36,82			
	Gesamtsumme	72				

Tabelle 93: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	42	42,48	841,000	-0,186	0,853
	Interventionsgruppe	41	41,51			
	Gesamtsumme	114				

Zwischen den Schülerinnen und den Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen, gibt es einen signifikanten Unterschied in der introjizierten Regulation, einer Ausprägung der extrinsischen Motivation, die auf geringer Selbstbestimmung beruht. Hinsichtlich der anderen erhobenen Regulationsstile, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation im Fach Chemie gibt es dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen der jahrgangsübergreifenden Interventionsgruppe (siehe Tabellen 94 - 96).

Tabelle 94: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	40	47,76	1029,500	-0,238	0,812
	Schülerinnen	53	46,42			
	Gesamtsumme	93				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	37	44,24	934,000	-0,234	0,815
	Schülerinnen	52	45,54			
	Gesamtsumme	89				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	38	54,71	714,000	-2,483	0,013
	Schülerinnen	54	40,72			
	Gesamtsumme	92				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	38	46,37	1021,000	-0,189	0,850
	Schülerinnen	55	47,44			
	Gesamtsumme	93				

Tabelle 95: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Schüler	34	37,72	687,500	-1,067	0,286
	Schülerinnen	47	43,37			
	Gesamtsumme	81				

Tabelle 96: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	41	52,99	984,500	-1,225	0,220
	Schülerinnen	56	46,08			
	Gesamtsumme	97				

5.2.8 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Nach der durchgeführten Intervention zeigen sich zwischen den Mädchen, die während des zurückliegenden Unterrichts mit ARSnova gearbeitet haben, und den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden, einige Entwicklungen. Die Mädchen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test in der intrinsischen Regulation einen wesentlich höheren mittleren Rang als die Mädchen der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,058 > 0,05 nur knapp nicht signifikant. Daher kann der Unterschied zwischen beiden Gruppen nur vermutet werden.

Hinsichtlich der erhobenen identifizierten Regulation einer Ausprägung der extrinsischen Motivation, gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Mädchengruppen. Bei den Mädchen der Interventionsgruppe steht eher die persönliche Relevanz einer Lernhandlung im Vordergrund, als bei den Mädchen der Kontrollgruppe. Insgesamt erzielen die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, im Posttest einen höheren Selbstbestimmungsindex als die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Der Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung der Mädchen der Interventionsgruppe ist somit signifikant höher als der der Mädchen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 97).

Tabelle 97: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	56	48,17	1101,500	-1,895	0,058
	Interventionsgruppe	50	59,47			
	Gesamtsumme	106				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	57	45,02	913,000	-3,476 (r=0,3329)	0,001
	Interventionsgruppe	52	65,94			
	Gesamtsumme	109				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	56	53,70	1411,000	-0,279	0,781
	Interventionsgruppe	52	55,37			
	Gesamtsumme	108				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	57	57,71	1270,500	-1,135	0,235
	Interventionsgruppe	51	50,91			
	Gesamtsumme	108				

Tabelle 98: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex – Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	55	45,29	951,000	-1,985 (r=0,1985)	0,047
	Interventionsgruppe	45	56,87			
	Gesamtsumme	100				

Anhand der Auswertungen der Wilcoxon-Tests (siehe Tabelle 99) lässt sich zeigen, dass der Unterricht mit ARSnova nicht zu einer signifikanten Änderung in den erhobenen Regulationsstilen, und des berechneten des Selbstbestimmungsindexes bei den Schülerinnen führt. Es liegen somit keine signifikanten Unterschiede im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest vor. Signifikante Veränderungen im Antwortverhalten sind dagegen bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe zu beobachten. Den Items der erhobenen Regulationsstile der identifizierten Regulation und der introjizierten Regulation stimmen die Schülerinnen der Kontrollgruppe im Posttest weniger zu als im Prätest (siehe Tabelle 100).

Tabelle 99: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	22[a]	22,20	488,50
		Positive Ränge	19[b]	19,61	372,50
		Bindungen	7[c]		
		Gesamtsumme	48		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	23[a]	23,22	534,00
		Positive Ränge	21[b]	21,71	456,00
		Bindungen	11[c]		
		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	17[d]	19,50	331,50
		Positive Ränge	24[e]	22,06	529,50
		Bindungen	7[f]		
		Gesamtsumme	48		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	33[d]	27,56	909,50
		Positive Ränge	14[e]	15,61	218,50
		Bindungen	9[f]		
		Gesamtsumme	56		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	19[g]	22,05	419,00
		Positive Ränge	21[h]	19,10	401,00
		Bindungen	10[i]		
		Gesamtsumme	50		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	34[g]	25,31	860,50
		Positive Ränge	11[h]	15,86	174,50
		Bindungen	10[i]		
		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	18[j]	18,41	331,50
		Positive Ränge	14[k]	14,04	196,50
		Bindungen	18[l]		
		Gesamtsumme	50		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	26[j]	20,12	523,00
		Positive Ränge	14[k]	21,21	297,00
		Bindungen	15[l]		

		Gesamtsumme	55		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	22[m]	16,55	364,00
		Positive Ränge	16[n]	23,56	377,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	21[m]	25,62	538,00
		Positive Ränge	29[n]	25,41	737,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	50		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 100: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen jahrgangsübergreifend

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,756[c]	-1,299[b]	-0,122[c]	-1,281[b]	-0,094[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,449	0,194	0,903	0,200	0,925
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,461[c]	-3,679[c]	-3,903[c]	-1,539[b]	-0,961[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,645	<0,001	<0,001	0,264	0,337
	Effektstärke r	-	0,4916	0,5263	-	-

b: basierend auf negativen Rängen; c: basierend auf positiven Rängen

Hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie erzielen die Mädchen der Kontrollgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Mädchen der Interventionsgruppe. Die asymptotische Signifikanz ist mit p= 0,097 > 0,05 jedoch nicht signifikant, so dass der Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der Amotivation nur vermutet werden kann.

Tabelle 101: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	56	60,90	1265,500	-1,657	0,097
	Interventionsgruppe	55	51,01			
	Gesamtsumme	111				

Die durchgeführten Wilcoxon-Tests zeigen sowohl für die Schülerinnen der Interventionsgruppe, als auch für die Schülerinnen der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen in der Amotivation zwischen Prä- und Posttest (siehe Tabellen 102 und 103).

Tabelle 102: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	15[a]	14,87	223,00
		Positive Ränge	15[b]	16,13	242,00
		Bindungen	25[c]		
		Gesamtsumme	55		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	14[a]	16,61	232,50
		Positive Ränge	19[b]	17,29	328,50
		Bindungen	23[c]		
		Gesamtsumme	56		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 103: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,202[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,840
Kontrollgruppe	Z	-0,896[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,370

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Der Vergleich der Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit den Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurde, zeigt lediglich in der identifizierten Regulation einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Jungengruppen. Im Mann-Whitney-U-Test erzielen die Jungen der Interventionsgruppe einen signifikant höheren mittleren Rang als die Jungen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 104). In den anderen Regulationsstilen und dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung gibt es keine Unterschiede zwischen den beiden Jungengruppen.

Tabelle 104: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	39	41,12	697,500	-0,632	0,527
	Interventionsgruppe	39	37,88			
	Gesamtsumme	78				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	39	40,85	747,000	-0,325	0,745
	Interventionsgruppe	40	39,18			
	Gesamtsumme	79				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	38	39,91	706,500	-0,353	0,724
	Interventionsgruppe	39	38,12			
	Gesamtsumme	77				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	39	42,37	687,500	-0,919	0,358
	Interventionsgruppe	40	37,69			
	Gesamtsumme	79				

Tabelle 105: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	38	38,24	712,000	-0,104	0,917
	Interventionsgruppe	38	38,76			
	Gesamtsumme	76				

Es zeigt sich, dass bei den Schülern der Kontrollgruppe im Gegensatz zu den Mädchen der Kontrollgruppe mittels Wilcoxon-Tests keine signifikanten Veränderungen in den Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung und dem berechneten Selbstbestimmungsindex feststellbar sind. Die Jungen der Interventionsgruppe weisen nach der durchgeführten Unterrichtseinheit mit ARSnova eine geringere Zustimmung zu den Items der introjizierten Regulation auf als vor Beginn der Unterrichtseinheit. Sie führen somit nach der Intervention ihre Lernhandlungen weniger aufgrund von äußeren Faktoren, wie z.B. um anderen oder ihren Eltern zu gefallen, durch, als noch vor der Unterrichtseinheit. In den anderen Regulationsstilen und dem berechneten Selbstbestimmungsindex liegen dagegen keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest vor.

Tabelle 106: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	15[a]	17,07	256,00
		Positive Ränge	17[b]	16,00	272,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	14[a]	17,64	247,00
		Positive Ränge	17[b]	14,65	249,00
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	39		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	15[d]	15,53	233,00
		Positive Ränge	14[e]	14,43	202,00
		Bindungen	6[f]		
		Gesamtsumme	35		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	17[d]	17,62	299,50
		Positive Ränge	15[e]	15,23	228,50
		Bindungen	6[f]		
		Gesamtsumme	38		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	23[g]	13,89	319,50
		Positive Ränge	5[h]	17,30	86,50
		Bindungen	8[i]		
		Gesamtsumme	36		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	15[g]	14,37	215,50
		Positive Ränge	15[h]	16,63	249,50
		Bindungen	7[i]		
		Gesamtsumme	37		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	18[j]	15,44	278,00
		Positive Ränge	13[k]	16,77	218,00
		Bindungen	6[l]		
		Gesamtsumme	37		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	13[j]	12,85	167,00
		Positive Ränge	14[k]	15,07	211,00
		Bindungen	10[l]		
		Gesamtsumme	37		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	13[m]	14,04	182,50
		Positive Ränge	18[n]	17,42	313,50
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	31		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	15[m]	16,23	243,50
		Positive Ränge	15[n]	14,77	221,50
		Bindungen	4[o]		
		Gesamtsumme	34		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 107: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen und Effektstärke Schüler jahrgangsübergreifend

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,151[b]	-0,338[c]	-2,667[c]	-0,599[b]	-1,284[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,880	0,735	0,008	0,549	0,199
	Effektstärke r	-	-	0,4445	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,020[b]	-0,671[c]	-0,353[b]	-0,536[b]	-0,226[c]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,984	0,502	0,724	0,592	0,821
	Effektstärke r	-	-	-	-	-

b: basierend auf negativen Rängen; c: basierend auf positiven Rängen

Hinsichtlich der erhobenen Amotivation zeigen sich auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schülern der Interventions- und den Schülern der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 108). Der durchgeführte Wilcoxon-Test zeigt zudem sowohl für die Schüler, die mit ARSnova gearbeitet haben, als auch für die Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden, keine signifikanten Veränderungen in der Amotivation zwischen Prä- und Posttest.

Tabelle 108: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	39	40,54	798,000	-0,015	0,988
	Interventionsgruppe	41	40,46			
	Gesamtsumme	111				

Tabelle 109: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	14[a]	15,07	211,00
		Positive Ränge	15[b]	14,93	224,00
		Bindungen	11[c]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	15[a]	14,33	215,00
		Positive Ränge	14[b]	15,71	220,00
		Bindungen	10[c]		
		Gesamtsumme	39		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 110: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,151[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,880
Kontrollgruppe	Z	-0,056[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,956

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Der Vergleich der Mädchen und Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, zeigt im durchgeführten Mann-Whiteny-U-Test keine signifikanten Unterschiede in den Regulationsstilen, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation (siehe Tabellen 111 - 113). Der noch im Prätest vorhandene Unterschied in der introjizierten Regulation hat sich

aufgrund der mittels Wilcoxon-Tests nachgewiesenen signifikanten Abnahme dieser Ausprägung der extrinsischen Lernmotivation von Prä- zu Posttest bei den Jungen aufgelöst.

Tabelle 111: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	39	43,58	919,500	-0,461	0,645
	Schülerinnen	50	46,11			
	Gesamtsumme	89				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	40	44,80	972,000	-0,538	0,591
	Schülerinnen	52	47,81			
	Gesamtsumme	92				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	39	49,14	891,500	-0,987	0,323
	Schülerinnen	52	43,64			
	Gesamtsumme	91				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	40	47,71	951,500	-0552	0,581
	Schülerinnen	51	44,66			
	Gesamtsumme	91				

Tabelle 112: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Schüler	38	39,96	777,500	-0,708	0,479
	Schülerinnen	45	43,72			
	Gesamtsumme	83				

Tabelle 113: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	41	52,13	978,500	-1,132	0,257
	Schülerinnen	55	45,79			
	Gesamtsumme	96				

5.2.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Untersuchungen mittels Mann-Whitney-U-Test zeigen, dass zwischen den Mädchen der 6.Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova arbeiten sollen, und den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet werden, keine signifikanten Unterschiede in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung und den daraus ermittelten Selbstbestimmungsindex (siehe Tabellen 114 und 115) gibt. Auch hinsichtlich der Amotivation im Fach Chemie gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen (siehe Tabelle 116).

Tabelle 114: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	31	31,68	486,00	-0,345	0,730
	Interventionsgruppe	33	33,27			
	Gesamtsumme	64				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	31	32,37	484,500	-0,159	0,874
	Interventionsgruppe	32	31,64			
	Gesamtsumme	63				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	32	34,92	498,500	-0,587	0,558
	Interventionsgruppe	34	32,16			
	Gesamtsumme	66				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	31	32,79	520,500	-0,285	0,776
	Interventionsgruppe	35	34,13			
	Gesamtsumme	66				

Tabelle 115: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	29	27,45	361,000	-0,500	0,617
	Interventionsgruppe	27	29,63			
	Gesamtsumme	56				

Tabelle 116: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	32	36,59	509,000	-0,881	0,378
	Interventionsgruppe	36	32,64			
	Gesamtsumme	68				

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch beim Vergleich der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe (siehe Tabellen 117 – 119). Es besteht lediglich in der „Introjizierten Regulation“ einer Ausprägung der extrinsischen Motivation, bei der nur eine geringe Selbstbestimmung der Lernhandlung vorliegt, ein signifikanter Unterschied. Hier erzielen die Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen, einen wesentlich höheren mittleren Rang als die Schüler, die herkömmlich unterrichtet werden sollen (siehe Tabelle 117).

Tabelle 117: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	21	21,62	223,000	-0,439	0,661
	Interventionsgruppe	23	23,30			
	Gesamtsumme	44				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	20	20,58	178,500	-0,325	0,745 (Exakt: 0,749)
	Interventionsgruppe	19	19,39			
	Gesamtsumme	39				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	20	16,85	127,000	-1,984	0,047 (Exakt: 0,049)
	Interventionsgruppe	20	24,15			
	Gesamtsumme	40				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	19	23,11	150,000	-1,356	0,175 (Exakt: 0,187)
	Interventionsgruppe	21	18,14			
	Gesamtsumme	40				

Tabelle 118: Mann-Whitney-U-Test – Prätest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	17	17,71	148,000	-0,165	0,869 (Exakt: 0,883)
	Interventionsgruppe	18	18,28			
	Gesamtsumme	35				

Tabelle 119: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	21	21,00	210,000	-0,533	0,594
	Interventionsgruppe	22	22,95			
	Gesamtsumme	43				

Vergleicht man die Schülerinnen und die Schüler der Interventionsgruppe der 6. Klasse hinsichtlich der Regulationsstile, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation miteinander, so zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests (siehe Tabellen 120 – 122), dass beide Gruppen lediglich hinsichtlich der introjizierten Regulation nicht voraussetzungsgleich sind.

Tabelle 120: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	23	30,85	325,500	-0,905	0,365
	Schülerinnen	33	26,86			
	Gesamtsumme	56				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	19	26,34	297,500	-0,127	0,899
	Schülerinnen	32	25,80			
	Gesamtsumme	51				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	20	33,75	215,000	-2,247	0,025
	Schülerinnen	34	23,82			
	Gesamtsumme	54				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	21	24,88	291,500	-1,299	0,194
	Schülerinnen	35	30,67			
	Gesamtsumme	56				

Tabelle 121: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Schüler	18	21,53	216,500	-0,614	0,539
	Schülerinnen	27	23,98			
	Gesamtsumme	45				

Tabelle 122: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	22	32,82	323,000	-1,239	0,215
	Schülerinnen	36	27,47			
	Gesamtsumme	58				

5.2.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Der Vergleich der Schülerinnen der beiden Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, im Bereich der intrinsischen Regulation einen deutlich höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen, die

herkömmlich unterrichtet wurden. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,174 nicht signifikant, hat sich jedoch verglichen mit den Ergebnissen des Prätests stark vergrößert. Der Wilcoxon-Test zeigt, dass bei beiden Gruppen die intrinsische Regulation nach der Unterrichtseinheit geringer ist, als vor der Durchführung. Jedoch ist die Abnahme bei den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden, etwas größer. Wenngleich die Veränderungen in beiden Gruppen nicht signifikant sind.

Hinsichtlich der erhobenen Ausprägungen der extrinsischen Lernmotivation hat sich im Bereich der „identifizierten Regulation“ ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen ausgebildet (siehe Tabelle 123). Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Dieser Unterschied resultiert durch eine signifikante Abnahme in der Zustimmung der Items der identifizierten Regulation bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe und einer gleichzeitigen positiven Tendenz in der Zustimmung bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe (siehe Tabellen 126 und 127). Die Auswertung des Wilcoxon-Tests zeigt zudem, dass die Lernhandlungen, die auf selbstwertbezogene Kontingenzen abzielen (introjizierte Regulation), bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe im Vergleich zum Prätest signifikant abgenommen haben. Dies ist bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe in diesem Ausmaß nicht feststellbar. Insgesamt lässt sich jedoch auch nach der Durchführung der Unterrichtseinheit hinsichtlich der introjizierten Regulation kein signifikanter Unterschied zwischen den Schülerinnen der beiden Gruppen feststellen.

Hinsichtlich des Maßes an wahrgenommener Selbstbestimmung, das durch den errechneten Selbstbestimmungsindex erfasst wird, zeigen sich zwar positive Tendenzen zugunsten der Schülerinnen der Interventionsgruppe, die jedoch aufgrund fehlender Signifikanzen im Mann-Whitney-U-Test bzw. Wilcoxon-Test nur vermutet werden können. Gleiches gilt für die erhobene Amotivation. Die Schülerinnen der Kontrollgruppe erreichen im Mann-Whitney-U-Test einen wesentlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 125), jedoch ist der Unterschied mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,083 knapp nicht signifikant.

Tabelle 123: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schülerinnen Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	31	29,68	424,00	-1,359	0,174
	Interventionsgruppe	34	36,03			
	Gesamtsumme	65				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	32	25,47	287,000	-3,315 (r=0,4080)	0,001
	Interventionsgruppe	34	41,06			
	Gesamtsumme	66				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	31	30,79	458,500	-0,717	0,473
	Interventionsgruppe	33	34,11			
	Gesamtsumme	64				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	32	33,92	498,500	-0,390	0,696
	Interventionsgruppe	33	32,11			
	Gesamtsumme					

Tabelle 124: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	30	28,15	379,500	-1,234	0,217
	Interventionsgruppe	31	33,76			
	Gesamtsumme	61				

Tabelle 125: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	31	37,65	414,000	-1,734	0,083
	Interventionsgruppe	35	29,83			
	Gesamtsumme	66				

Tabelle 126: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	12[a]	14,96	179,50
		Positive Ränge	14[b]	12,25	171,50
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	32		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	15[a]	13,83	207,50
		Positive Ränge	10[b]	11,75	117,50
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	10[d]	10,05	100,50
		Positive Ränge	15[e]	14,97	224,50
		Bindungen	5[f]		
		Gesamtsumme	30		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	21[d]	17,76	373,00
		Positive Ränge	8[e]	7,75	62,00
		Bindungen	2[f]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	14[g]	13,93	195,00
		Positive Ränge	11[h]	11,82	130,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	31		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	20[g]	14,00	280,00
		Positive Ränge	5[h]	9,00	45,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	12[j]	14,21	170,50
		Positive Ränge	11[k]	9,59	105,50
		Bindungen	9[l]		
		Gesamtsumme	32		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	11[j]	11,09	122,00
		Positive Ränge	9[k]	9,78	88,00
		Bindungen	11[l]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	13[m]	9,62	125,00
		Positive Ränge	11[n]	15,91	175,00
		Bindungen	0[o]		

		Gesamtsumme	24		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	14[m]	14,96	209,50
		Positive Ränge	14[n]	14,04	196,50
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	28		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 127: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 6

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,102[b]	-1,682[a]	-0,882[b]	-1,000[b]	-0,714[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,919	0,093	0,378	0,317	0,475
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,225[b]	-3,378[b]	-3,193[b]	-0,645[b]	-0,148[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,221	0,001	0,001	0,519	0,882
	Effektstärke r	-	0,6067	0,5735	-	-

a: negative Ränge; b: positive Ränge

Tabelle 128: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schülerinnen Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	10[a]	10,05	100,50
		Positive Ränge	11[b]	11,86	130,50
		Bindungen	10[c]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	9[a]	8,50	76,50
		Positive Ränge	7[b]	8,50	59,50
		Bindungen	19[c]		
		Gesamtsumme	35		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 129: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schülerinnen Klasse 6

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,449[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,654
Kontrollgruppe	Z	-0,537[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,591

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Bei den Schülern der beiden Gruppen zeigen sich nach der durchgeführten Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung, des berechneten Selbstbestimmungsindexes und der erfassten Amotivation. Der vor der Unterrichtseinheit festgestellte signifikante Unterschied im Bereich der introjizierten Regulation hat sich aufgelöst. Die Auswertung des Wilcoxon-Tests (siehe Tabellen 133 und 134) zeigt, dass die Schüler der Interventionsgruppe den Items der introjizierten Regulation nach der

Unterrichtseinheit weniger zustimmen als vor der Durchführung. Die Veränderung ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,061 nicht signifikant.

Tabelle 130: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	21	21,60	218,500	-0,051	0,960
	Interventionsgruppe	21	21,40			
	Gesamtsumme	42				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	21	20,88	207,500	-0,329	0,742
	Interventionsgruppe	21	22,12			
	Gesamtsumme	42				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	20	19,20	174,000	-0,943	0,346
	Interventionsgruppe	21	22,71			
	Gesamtsumme	41				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	21	24,17	185,500	-1,120	0,263
	Interventionsgruppe	22	19,93			
	Gesamtsumme	43				

Tabelle 131: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	20	19,63	182,500	-0,474	0,636 (Exakt: 0,640)
	Interventionsgruppe	20	21,38			
	Gesamtsumme	40				

Tabelle 132: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	21	23,45	200,500	-0,771	0,441
	Interventionsgruppe	22	20,61			
	Gesamtsumme	43				

Tabelle 133: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	8[a]	9,56	76,50
		Positive Ränge	9[b]	8,50	76,50
		Bindungen	4[c]		
		Gesamtsumme	21		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	7[a]	9,93	69,50
		Positive Ränge	9[b]	7,39	66,50
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	21		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	6[d]	5,50	33,00
		Positive Ränge	8[e]	9,00	72,00
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	17		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	7[d]	9,64	67,50
		Positive Ränge	10[e]	8,55	85,50
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	20		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	12[g]	7,71	92,50
		Positive Ränge	3[h]	9,17	27,50

		Bindungen	3[i]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	7[g]	8,00	56,00
		Positive Ränge	7[h]	7,00	49,00
		Bindungen	5[i]		
		Gesamtsumme	19		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	8[j]	7,75	62,00
		Positive Ränge	8[k]	9,25	74,00
		Bindungen	4[l]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	8[j]	6,88	55,00
		Positive Ränge	7[k]	9,29	65,00
		Bindungen	4[l]		
		Gesamtsumme	19		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	6[m]	6,58	39,50
		Positive Ränge	9[n]	8,94	80,50
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	15		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	7[m]	7,21	50,50
		Positive Ränge	8[n]	8,69	69,50
		Bindungen	1[o]		
		Gesamtsumme	28		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 134: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Posttest Kontinuum der Selbstbestimmung Schüler Klasse 6

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,000[c]	-1,236[a]	-1,885[b]	-0,315[a]	-1,165[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	1,000	0,217	0,064	0,752	0,244
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,078[b]	-0,432[a]	-0,222[b]	-0,287[a]	-0,540[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,938	0,666	0,824	0,774	0,589
	Effektstärke r	-	-	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen; c: Die Summe der negativen Ränge ist mit der Summe der positiven Ränge identisch.

Hinsichtlich der erhobenen Amotivation zeigt der Wilcoxon-Test, dass bei den Schülern der Kontrollgruppe die Summe der negativen Ränge wesentlich geringer ist als die Summe der positiven Ränge (siehe Tabelle 135). Bei den Schülern der Interventionsgruppe ist es genau andersherum (siehe Tabelle 135). Die beiden Entwicklungen sind jedoch nicht signifikant (siehe Tabelle 136).

Tabelle 135: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schüler Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	9[a]	9,06	81,50
		Positive Ränge	8[b]	8,94	71,50
		Bindungen	4[c]		
		Gesamtsumme	21		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	5[a]	5,30	26,50
		Positive Ränge	8[b]	8,06	8,06
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	21		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 136: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schüler Klasse 6

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,247[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,805
Kontrollgruppe	Z	-1,366[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,172

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Die Ergebnisse des durchgeführten Mann-Whitney-U-Tests zeigen zudem, dass zwischen den Mädchen und den Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, keine signifikanten Unterschiede in den Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation im Fach Chemie vorliegen (siehe Tabellen 137 - 139). Der im Prätest festgestellte signifikante Unterschied hinsichtlich der introjizierten Regulation hat sich somit aufgelöst.

Tabelle 137: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	21	29,45	326,500	-0,532	0,595
	Schülerinnen	34	27,10			
	Gesamtsumme	55				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	21	29,55	324,500	-0,566	0,572
	Schülerinnen	34	27,04			
	Gesamtsumme	55				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	21	31,55	261,500	-1,514	0,130
	Schülerinnen	33	24,92			
	Gesamtsumme	54				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	22	28,05	362,000	-0,017	0,986
	Schülerinnen	33	27,97			
	Gesamtsumme	55				

Tabelle 138: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Schüler	20	26,78	294,500	-0,299	0,765
	Schülerinnen	31	25,50			
	Gesamtsumme	51				

Tabelle 139: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	22	30,77	346,000	-0,686	0,493
	Schülerinnen	35	27,89			
	Gesamtsumme	57				

5.2.11 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Untersuchungen mittels Mann-Whitney-U-Test zeigen, dass im Vorfeld der Studie zwischen den Mädchen der 10. Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova arbeiten sollen, und den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet werden sollen, ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Ausprägung der extrinsischen Lernmotivation besteht, die auf selbstwertbezogene Kontingenzen abzielt (introjizierte Regulation). Diese sind bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe wesentlich stärker ausgeprägt als bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe. Im berechneten Selbstbestimmungsindex, der den Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung angibt, erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,064 > 0,05 knapp nicht signifikant. Hinsichtlich der anderen erhobenen Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung gibt es ebenso wenig signifikante Unterschiede wie in der Amotivation im Fach Chemie.

Tabelle 140: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	25	20,68	192,000	-1,334	0,182
	Interventionsgruppe	20	25,90			
	Gesamtsumme	45				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	26	22,35	230,000	-0,673	0,501
	Interventionsgruppe	20	25,00			
	Gesamtsumme	46				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	25	26,96	151,000	-2,276	0,023
	Interventionsgruppe	20	18,05			
	Gesamtsumme	45				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	25	24,74	206,500	-1,002	0,316
	Interventionsgruppe	20	20,83			
	Gesamtsumme	45				

Tabelle 141: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Selbstbestimmungsindex - Schülerinnen Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	23	18,70	154,000	-1,851	0,064
	Interventionsgruppe	20	25,80			
	Gesamtsumme	43				

Tabelle 142: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	26	24,73	228,000	-0,723	0,470
	Interventionsgruppe	20	21,90			
	Gesamtsumme	46				

Bei den Schülern der Kontrollgruppe und den Schülern der Interventionsgruppe gibt es dagegen in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung, im berechneten Selbstbestimmungsindex und in der Amotivation keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabellen 143 – 145).

Tabelle 143: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	21	19,83	171,500	-0,207	0,836 (Exakt: 0,839[b])
	Interventionsgruppe	17	19,09			
	Gesamtsumme	38				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	21	20,10	187,000	-0,057	0,955 (Exakt: 0,967[b])
	Interventionsgruppe	18	19,89			
	Gesamtsumme	39				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	21	19,76	184,000	-0,142	0,887 (Exakt: 0,900[b])
	Interventionsgruppe	18	20,28			
	Gesamtsumme	39				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	21	19,17	171,500	-0,207	0,836 (Exakt: 0,839[b])
	Interventionsgruppe	17	19,91			
	Gesamtsumme	38				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 144: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Selbstbestimmungsindex - Schüler Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Kontrollgruppe	21	19,10	166,000	-0,061	0,951 (Exakt: 0,964[b])
	Interventionsgruppe	16	18,88			
	Gesamtsumme	37				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 145: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	21	21,19	185,000	-0,397	0,692 (Exakt: 0,708[b])
	Interventionsgruppe	19	19,74			
	Gesamtsumme	40				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Vergleicht man die Mädchen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Interventionsgruppe hinsichtlich der Regulationsstile, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation miteinander, so zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests (siehe Tabellen 146 – 148), dass zwischen beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede bestehen.

Tabelle 146: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	17	17,38	142,500	-0,847	0,397 (Exakt: 0,407[b])
	Schülerinnen	20	20,38			
	Gesamtsumme	37				
Prätest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	18	18,75	166,500	-0,398	0,691 (Exakt: 0,696[b])
	Schülerinnen	20	20,18			
	Gesamtsumme	38				
Prätest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	18	22,58	124,500	-1,633	0,103 (Exakt: 0,105[b])
	Schülerinnen	20	16,73			
	Gesamtsumme	38				
Prätest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	17	21,29	131,000	-1,201	0,230 (Exakt: 0,244[b])
	Schülerinnen	20	17,05			
	Gesamtsumme	37				

Tabelle 147: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Prätest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest	Schüler	16	16,22	123,500	-1,162	0,245 (Exakt:0,249[b])
	Schülerinnen	20	20,33			
	Gesamtsumme	36				

Tabelle 148: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	19	21,26	166,000	-0,687	0,492 (Exakt: 0,513[b])
	Schülerinnen	20	18,80			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.2.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Führt man nach den Mann-Whitney-U-Test mit den im Posttest erhobenen Daten durch, so lassen sich zwischen den Schülerinnen der Kontrollgruppe und den Schülerinnen der Interventionsgruppe weder in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung noch in den durch den berechneten Selbstbestimmungsindex angegeben Grad der wahrgenommen Selbstbestimmung und der erhobenen Amotivation signifikante Unterschiede feststellen (siehe Tabellen 149 – 151). Der vor der Unterrichtseinheit festgestellte signifikante Unterschied in der introjizierten Regulation ist nach der durchgeführten Unterrichtseinheit nicht mehr messbar. Zieht man zusätzlich noch die durch den Wilcoxon-Test erhobenen Veränderungen zwischen dem Antwortverhalten der Schülerinnen im Prä-/Posttest hinzu, so lässt sich bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe im Posttest kein signifikant anderes Antwortverhalten feststellen. Es ist auffällig, dass bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe in der erhobenen introjizierten Regulation die Summe der negativen Ränge deutlich größer ist als die der positiven (siehe Tabelle 152). Der Unterschied ist mit einer asymptotischen Signifikanz von $p = 0{,}023$ signifikant. Gleichzeitig ist bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe die Summe der positiven Ränge deutlich größer als die der negativen Ränge. Jedoch ist die Veränderung zwischen dem Antwortverhalten im Prä-/Posttest nicht signifikant.

Tabelle 149: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schülerinnen Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	25	19,38	159,500	-1,087	0,277 (Exakt: 0,283[b])
	Interventionsgruppe	16	23,53			
	Gesamtsumme	41				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	25	20,06	176,500	-1,208	0,227
	Interventionsgruppe	18	24,69			
	Gesamtsumme	43				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	25	23,24	219,000	-0,442	0,659
	Interventionsgruppe	19	21,54			
	Gesamtsumme	44				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	25	24,04	174,000	-1,269	0,204
	Interventionsgruppe	18	19,17			
	Gesamtsumme	43				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 150: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Schülerinnen Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	25	18,32	133,000	-1,230	0,219 (Exakt: 0,228[b])
	Interventionsgruppe	14	23,00			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 151: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	25	24,16	221,000	-0,671	0,502
	Interventionsgruppe	20	21,55			
	Gesamtsumme	45				

Tabelle 152: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	10[a]	8,70	87,00
		Positive Ränge	5[b]	6,60	33,00
		Bindungen	1[c]		
		Gesamtsumme	16		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	8[a]	9,75	78,00
		Positive Ränge	11	10,18	112,00
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	24		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	7[d]	10,29	72,00
		Positive Ränge	9[e]	7,11	64,00
		Bindungen	2[f]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	12[d]	9,92	119,00
		Positive Ränge	6[e]	8,67	52,00
		Bindungen	7[f]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	5[g]	7,90	39,50
		Positive Ränge	10[h]	8,05	80,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	14[g]	11,82	165,50
		Positive Ränge	6[h]	7,42	44,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	24		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	6[j]	4,92	29,50
		Positive Ränge	3[k]	5,17	15,50
		Bindungen	9[l]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	15[j]	10,13	152,00
		Positive Ränge	5[k]	11,60	58,00
		Bindungen	4[l]		
		Gesamtsumme	24		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	9[m]	7,44	67,00
		Positive Ränge	5[n]	7,60	38,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	14		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	7[m]	10,86	76,00
		Positive Ränge	15[n]	11,80	177,00

		Bindungen	0[o]	
		Gesamtsumme	22	

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 153: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 10

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-1,564[b]	-0,211[b]	-1,178[a]	-0,844[b]	-0,910[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,118	0,833	0,239	0,399	0,363
	Effektstärke r	-	-	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,695[a]	-1,476[b]	-2,275[b]	-1,786[b]	-1,640[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,487	0,140	0,023	0,074	0,101
	Effektstärke r	-	-	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Tabelle 154: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schülerinnen Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	6[a]	6,50	39,00
		Positive Ränge	8[b]	8,24	66,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	4[a]	7,00	28,00
		Positive Ränge	8[b]	6,25	50,00
		Bindungen	13[c]		
		Gesamtsumme	25		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 155: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schülerinnen Klasse 10

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,885[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,376
Kontrollgruppe	Z	-0,924[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,356

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Zwischen den Schülern der Kontrollgruppe und den Schülern der Interventionsgruppe der 10. Klassen lässt sich ebenfalls nach der durchgeführten Unterrichtseinheit kein signifikanter Unterschied in den erhobenen Regulationsstilen des Kontinuums der Selbstbestimmung, im berechneten Selbstbestimmungsindex und in der Amotivation feststellen. Anhand des Wilcoxon-Tests lässt sich zeigen, dass bei den Schüler der Interventionsgruppe hinsichtlich der erhobenen introjizierten Regulation die Summe der negativen Ränge wesentlich größer ist als die Summer der positiven Ränge. Es zeigt sich im Posttest somit ein signifikant anderes Antwortverhalten. Diese Veränderung im Antwortverhalten lässt sich bei den Schülern der Kontrollgruppe nicht beobachten.

In den anderen erhobenen Regulationsstilen, im berechneten Selbstbestimmungsindex und in der Amotivation zeigen sich weder bei den Schülern der Interventionsgruppe noch bei den Schülern der Kontrollgruppe signifikante Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prä- und Posttest (siehe Tabellen 160 und 162).

Tabelle 156: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	18	20,39	128,000	-1,082	0,279 (Exakt: 0,293[b])
	Interventionsgruppe	18	16,61			
	Gesamtsumme	36				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	18	20,17	150,000	-0,641	0,521 (Exakt: 0,538[b])
	Interventionsgruppe	19	17,89			
	Gesamtsumme	37				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Kontrollgruppe	18	21,33	111,000	-1,622	0,105 (Exakt: 0,111[b])
	Interventionsgruppe	18	15,67			
	Gesamtsumme	36				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Kontrollgruppe	18	18,69	158,500	-0,112	0,911 (Exakt: 0,913[b])
	Interventionsgruppe	18	18,31			
	Gesamtsumme	36				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 157: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Schüler Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Kontrollgruppe	18	18,83	156,000	-0,190	0,849 (Exakt: 0,864[b])
	Interventionsgruppe	18	18,17			
	Gesamtsumme	36				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 158: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Kontrollgruppe	18	17,33	141,000	-0,926	0,355 (Exakt: 0,374[b])
	Interventionsgruppe	19	20,58			
	Gesamtsumme	37				

Tabelle 159: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	7[a]	8,14	57,00
		Positive Ränge	8[b]	7,88	63,00
		Bindungen	2[c]		
		Gesamtsumme	17		
Kontrollgruppe	IntrPost - IntrPre	Negative Ränge	7[a]	7,79	54,50
		Positive Ränge	8[b]	8,19	65,50
		Bindungen	3[c]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	9[d]	10,00	90,00
		Positive Ränge	6[e]	5,00	30,00
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	IdentPost - IdentPre	Negative Ränge	10[d]	8,30	83,00
		Positive Ränge	5[e]	7,40	37,00
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	IntroPost - IntroPre	Negative Ränge	11[g]	6,68	73,50
		Positive Ränge	2[h]	8,75	17,50
		Bindungen	5[i]		
		Gesamtsumme	18		
		Negative Ränge	8[g]	6,94	55,50

Kontrollgruppe	IntroPost - IntroPre	Positive Ränge	8[h]	10,06	80,50
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	10[j]	8,20	82,00
		Positive Ränge	5[k]	7,60	38,00
		Bindungen	2[l]		
		Gesamtsumme	17		
Kontrollgruppe	ExtPost - ExtPre	Negative Ränge	5[j]	6,30	31,50
		Positive Ränge	7[k]	6,64	46,50
		Bindungen	6[l]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	7[m]	8,14	57,00
		Positive Ränge	9[n]	8,78	79,00
		Bindungen	0[o]		
		Gesamtsumme	16		
Kontrollgruppe	SDIPost - SDIPre	Negative Ränge	8[m]	9,13	73,00
		Positive Ränge	7[n]	6,71	47,00
		Bindungen	3[o]		
		Gesamtsumme	18		

a: IntrPost < IntrPre; b: IntrPost > IntrPre; c: IntrPost = IntrPre; d: IdentPost < IdenPre; e: IdenPost < IdentPre, f: IdentPost =IdentPre, g: IntroPost <IntroPre, h: IntroPost > IntroPre, i: IntroPost = Intropre, j: ExtPost < ExtPre, k:ExtPost > ExtPre, l: ExtPost =ExtPre, m:SDIPost < SDIPre, n: SDIPost > SDIPre, o: SDIPost = SDIPre

Tabelle 160: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schüler Klasse 10

		IntrPost - IntrPre	IdentPost – IdentPre	IntroPost - IntroPre	ExtPost - ExtPre	SDIPost - SDIPre
Interventionsgruppe	Z	-0,173[a]	-1,719[b]	-1,977[b]	-1,274[b]	-0,569[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,863	0,086	0,048	0,203	0,569
	Effektstärke r	-	-	0,4660	-	-
Kontrollgruppe	Z	-0,321[a]	-1,319[b]	-0,653[a]	-0,603[a]	-0,740[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,748	0,187	0,513	0,547	0,460
	Effektstärke r	-	-	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen;

Tabelle 161: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schüler Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	5[a]	7,00	35,00
		Positive Ränge	7[b]	6,14	43,00
		Bindungen	7[c]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	AmotivationPost - AmotivationPre	Negative Ränge	10[a]	8,85	88,50
		Positive Ränge	6[b]	7,92	47,50
		Bindungen	2[c]		
		Gesamtsumme	18		

a: AmotivationPost < AmotivationPre; b: AmotivationPost > AmotivationPre; c: AmotivationPost = AmotivationPre

Tabelle 162: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schüler Klasse 10

Gruppe		AmotivationPost – AmotivationPre
Interventionsgruppe	Z	-0,318[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,751
Kontrollgruppe	Z	-1,086[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,278

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Vergleicht man die Schülerinnen und die Schüler der Interventionsgruppe hinsichtlich der Regulationsstile, dem berechneten Selbstbestimmungsindex und der Amotivation nach der durchgeführten Unterrichtseinheit mit ARSnova miteinander, so zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests (siehe Tabellen 163 – 165), dass zwischen beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede messbar sind.

Tabelle 163: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Regulationsstil	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest Skala zur intrinsischen Regulation (5 Items)	Schüler	18	16,42	124,500	-0,677	0,499 (Exakt: 0,506[b])
	Schülerinnen	16	18,72			
	Gesamtsumme	34				
Posttest Skala zur identifizierten Regulation (4 Items)	Schüler	19	16,82	129,500	-1,269	0,205 (Exakt: 0,210[b])
	Schülerinnen	18	21,31			
	Gesamtsumme	37				
Posttest Skala zur introjizierten Regulation (5 Items)	Schüler	18	18,94	170,000	-0,031	0,976 (Exakt: 0,988[b])
	Schülerinnen	19	19,05			
	Gesamtsumme	37				
Posttest Skala zur externalen Regulation (4 Items)	Schüler	18	19,92	136,500	-0,816	0,415 (Exakt: 0,424[b])
	Schülerinnen	18	17,08			
	Gesamtsumme	36				

Tabelle 164: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Selbstbestimmungs-index	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Posttest	Schüler	18	15,00	99,000	-1,026	0,305 (Exakt:0,319[b])
	Schülerinnen	14	18,43			
	Gesamtsumme	32				

Tabelle 165: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

Amotivation	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz (2-seitig)
Posttest Skala zur Amotivation (3 Items)	Schüler	19	21,05	170,000	-0,570	0,569 (Exakt: 0,588[b])
	Schülerinnen	20	19,00			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.3 Auswertung der erhobenen Daten zur schulbezogenen Selbstwirksamkeit

In diesem Kapitel soll anhand der statistischen Auswertung des Fragebogens zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (Jerusalem & Satow, 1999) überprüft werden, ob die durch die Metaanalyse von Hunsu et al. (2016) gefundenen positiven Effekte des Einsatzes von Student Response Systemen auf die Selbstwirksamkeit auch in dieser Studie auftreten.

Im Zuge der Auswertung des Fragebogens zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung wird das negativ formulierte fünfte Item: *„Wenn der Lehrer/ die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde*

ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen." Umcodiert. Anschließend wird der Mittelwert der Gesamtskala berechnet.

5.3.1 Auswertung Prätest jahrgangsübergreifend

Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 166 zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der Einschätzung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,081 > 0,05 nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden. Beide Gruppen sind somit hinsichtlich der Einschätzung der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung voraussetzungsgleich.

Tabelle 166: Mann-Whitney-U-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest jahrgangsübergreifend

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
Prätest Skala zur schulbezogenen Selbstwirksamkeits-erwartung (7 Items)	Kontrollgruppe	101	86,74	3610,000	-1,745	0,081
	Interventionsgruppe	84	100,52			
	Gesamtsumme	185				

5.3.2 Auswertung Posttests jahrgangsübergreifend

Nach der Unterrichtseinheit erzielen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen höheren mittleren Rang als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,091 > 0,05 knapp nicht signifikant und bewegt sich auf dem Niveau des Prätests (siehe Tabelle 167).

Tabelle 167: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits -erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	92	84,54	3499,500	-1,689	0,091
	Interventionsgruppe	89	97,68			
	Gesamtsumme	181				

Der durchgeführte Wilcoxon-Test zeigt, dass sich die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Interventionsgruppe von Prä- zu Postest nicht signifikant verändert hat (siehe Tabelle 169).

Tabelle 168: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	34[a]	32,57	1107,50
		Positive Ränge	33[b]	35,47	1170,50
		Bindungen	10[c]		
		Gesamtsumme	77		
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	31[a]	42,69	1323,50
		Positive Ränge	44[b]	34,69	1526,50
		Bindungen	16[c]		
		Gesamtsumme	91		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 169: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (jahrgangsübergreifend) - Signifikanzen

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-0,197[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,844
Kontrollgruppe	Z	-0,537[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,591

a: basierend auf negativen Rängen, b: basierend auf positiven Rängen

5.3.3 Auswertung Prätest Klasse 6

Betrachtet man die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests im Prätest, so stellt man fest, dass der erzielte mittlere Rang der Interventionsgruppe mit 58,44 deutlich höher ist als der der Kontrollgruppe mit 44,53. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe stimmen den Items der Skala zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung mehr zu als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,017 < 0,05 signifikant (siehe Tabelle 170). Beide Gruppen sind hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeit nicht voraussetzungsgleich. Dieser Unterschied war im Vorfeld der Erhebung nicht vorhersagbar, da von den beiden 6. Klassen, die von einer Lehrkraft unterrichtet wurden, eine zufällig der Interventionsgruppe bzw. der Kontrollgruppe zugeordnet wurde.

Tabelle 170: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	54	44,53	919,500	-2,397	0,017
	Interventionsgruppe	47	58,44			
	Gesamtsumme	101				

5.3.4 Auswertung Posttest Klasse 6

Die Auswertung der Daten des Posttests mittels Mann-Whitney-U-Test (siehe Tabelle 171) zeigt, dass der berechnete mittlere Rang der Interventionsgruppe mit einem Wert von 57,30 deutlich über dem Wert des mittleren Ranges der Kontrollgruppe mit 44,32 liegt. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, stimmen somit den Items zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung mehr zu als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen beiden Gruppen ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,025 < 0,05 signifikant. Wie bereits im Prätest festgestellt, haben die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit eine signifikant höhere schulbezogene Selbstwirksamkeit als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Tabelle 171: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	49	44,32	946,500	-2,236 (r=0,2225)	0,025
	Interventionsgruppe	52	57,30			
	Gesamtsumme	101				

Um etwaige Veränderungen in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung durch den durchgeführten Unterricht in der Interventions- bzw. Kontrollgruppe zu erfassen, wird der Wilcoxon-Test mit den im Prä- und Posttest erhobenen Daten durchgeführt. Betrachtet man die unten angegebene Tabelle 172, so stellt man fest, dass in der Kontrollgruppe die Rangsumme der positiven Ränge nur unwesentlich geringer ist, als die der negativen Ränge. In der Interventionsgruppe liegt die Rangsumme der positiven Ränge deutlich über denen negativen Ränge. Insgesamt scheint es in der Interventionsgruppe somit eine positivere Tendenz in der Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeit zu geben als in der Kontrollgruppe. Die Veränderung ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,497 > 0,05 nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden (siehe Tabelle 173).

Tabelle 172: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Klasse6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	19[a]	22,71	431,50
		Positive Ränge	22[b]	19,52	429,50
		Bindungen	7[c]		
		Gesamtsumme	48		
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	20[a]	18,93	378,50
		Positive Ränge	21[b]	22,98	482,50
		Bindungen	2[c]		
		Gesamtsumme	43		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 173: Wilcoxon-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Klasse 6 - Signifikanzen

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-0,679[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,497
Kontrollgruppe	Z	-0,013[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,990

a: basierend auf negativen Rängen, b: basierend auf positiven Rängen

5.3.5 Auswertung Prätest Klasse 10

Mittels Mann-Whitney-U-Test lässt sich zeigen, dass zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe im Vorfeld der Intervention keine signifikanten Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vorliegen (siehe Tabelle 174). Der berechnete mittlere Rang der Interventionsgruppe ist mit einem Wert von 47,28 zwar deutlich größer als der berechnete Wert der Kontrollgruppe mit 38,73. Die asymptotische Signifikanz liegt mit p= 0,110 über dem geforderten Wert von 0,05, daher sind beide Gruppen hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung voraussetzungsgleich.

Tabelle 174: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	**Gruppe**	**Häufigkeit H**	**Mittlerer Rang**	**Mann-Whitney-U**	**Z**	**Asym. Sign. (2-seitig)**
	Kontrollgruppe	47	38,73	692,500	-1,600	0,110
	Interventionsgruppe	37	47,28			
	Gesamtsumme	84				

5.3.6 Auswertung Posttest Klasse 10

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit, die in der Interventionsgruppe mittels des Student Response Systems ARSnova erfolgte, zeigt sich kein signifikanter Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventions- und den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 175). Auffällig ist jedoch, dass der Unterschied zwischen den mittleren Rängen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe abgenommen hat.

Tabelle 175: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	43	39,21	740,000	-0,537	0,591
	Interventionsgruppe	37	42,00			
	Gesamtsumme	80				

Um auftretende Unterschiede zwischen dem Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler zwischen Prä- und Posttest hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung innerhalb der Kontroll- bzw. Interventionsgruppe zu erfassen, wird wiederum der Wilcoxon-Test durchgeführt. Anhand der Betrachtung der Tabelle 176 lässt sich feststellen, dass in der Kontrollgruppe die Summe der positiven Ränge deutlich größer ist als die der negativen Ränge. Diese positive Tendenz in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,432 > 0,05 nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden. Innerhalb der Interventionsgruppe zeigt sich ein anderes Bild. Hier ist die Summe der negativen Ränge größer als die der positiven. Diese spricht für eine negative Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,437 > 0,05 ebenfalls nicht signifikant.

Tabelle 176: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	12[a]	21,00	252,00
		Positive Ränge	22[b]	15,59	343,00
		Bindungen	9[c]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	14[a]	14,71	206,00
		Positive Ränge	12[b]	12,08	145,00
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	34		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 177: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Klasse 10

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-0,777[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,437
Kontrollgruppe	Z	-0,785[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,432

a: basierend auf negativen Rängen, b: basierend auf positiven Rängen

5.3.7 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Die folgenden Tabellen 178 bis 180 zeigen die Auswertungen der Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen der Interventionsgruppe mit den Schülern der Interventionsgruppe, des Vergleichs der Schülerinnen der Interventionsgruppe mit den Schülerinnen der Kontrollgruppe und des Vergleichs der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe für die jahrgangsübergreifende Auswertung der Prätests.

Zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe liegen keine signifikanten Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vor (siehe Tabelle 178). Der Vergleich der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen der Interventionsgruppe mit der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen der Kontrollgruppe zeigt ebenso wenig signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen wie der Vergleich der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe (siehe Tabellen 179 und 180). Die Gruppen sind also hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserfahrung voraussetzungsgleich.

Tabelle 178: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	57	46,51	998,000	-1,586	0,113
	Interventionsgruppe	43	55,79			
	Gesamtsumme	100				

Tabelle 179: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	42	44,11	735,500	-0,972	0,331
	Interventionsgruppe	40	39,01			
	Gesamtsumme	82				

Tabelle 180: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Jungen	40	42,31	847,500	-0,114	0,909
	Mädchen	43	41,71			
	Gesamtsumme	83				

5.3.8 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit zeigt sich im Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied zwischen den Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, und den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Tests höhere mittlere Ränge als die Schülerinnen

der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 181) und weisen demnach im Posttest eine höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung auf.

Tabelle 181: Mann-Whitney-U-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	53	44,65	935,500	-2,573 (r=0,2535)	0,010
	Interventionsgruppe	50	59,79			
	Gesamtsumme	103				

Die Auswertung des Wilcoxon-Tests der Veränderung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest der Schülerinnen zeigt, dass die Schülerinnen der Interventionsgruppe im Wilcoxon-Test eine deutlich höhere Rangsumme der positiven Ränge erzielen als die Rangsumme der negativen Ränge. Diese positive Tendenz in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,113 > 0,05 nicht signifikant, aber wesentlich stärker ausgeprägt als bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Tabelle 182: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	14[a]	14,64	205,00
		Positive Ränge	20[b]	19,50	390,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	20[a]	25,63	512,50
		Positive Ränge	25[b]	20,90	522,50
		Bindungen	7[c]		
		Gesamtsumme	52		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 183: Wilcoxon-Test - Signifikanzen

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-1,585[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,113
Kontrollgruppe	Z	-0,057[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,955

a: basierend auf negativen Rängen, b: basierend auf positiven Rängen

Zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe liegt dagegen im Posttest kein signifikanter Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vor (siehe Tabelle 184).

Tabelle 184: Mann-Whitney-U-Test - Schulische Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	37	39,68	678,000	-0,453	0,651
	Interventionsgruppe	39	37,38			
	Gesamtsumme	76				

Bei den Jungen der Interventionsgruppe zeigt sich im Vergleich zu den Jungen der Kontrollgruppe im Wilcoxon-Test eine negative Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ab. Die Summe der positiven Ränge ist deutlich geringer als die der negativen Ränge. Die Verschlechterung der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung von Prä- zu Posttest kann jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,115 > 0,05 nur vermutet werden. Interessanterweise sind die mittels Wilcoxon-Tests vermuteten Tendenzen in der Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung bei den Mädchen und den Jungen, die mit ARSnova gearbeitet haben, gegenläufig.

Tabelle 185: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	20[a]	18,48	368,50
		Positive Ränge	13[b]	14,81	192,50
		Bindungen	4[c]		
		Gesamtsumme	37		
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	11[a]	17,00	187,00
		Positive Ränge	18[b]	13,78	248,00
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	37		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 186: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Signifikanzen Schüler jahrgangsübergreifend

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-1,578[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,115
Kontrollgruppe	Z	-0,661[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,508

a: basierend auf negativen Rängen, b: basierend auf positiven Rängen

Dies resultiert in einem deutlich höheren mittleren Rang der Mädchen der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test im Vergleich zu den Jungen der Interventionsgruppe im Posttest. Der Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung kann mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,098 > 0,05 jedoch nur vermutet werden.

Tabelle 187: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Mädchen	50	49,00	775,000	-1,656	0,098
	Jungen	39	39,87			
	Gesamtsumme	89				

5.3.9 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülerinnen der Kontrollgruppe liegen vor Beginn der Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vor (siehe Tabelle 188). Im Mann-Whitney-U-Test

erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe zwar einen höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe, jedoch ist die asymptotische Signifikanz mit p= 0,103 > 0,05. Beide Gruppen sind somit hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung als voraussetzungsgleich anzusehen.

Tabelle 188: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	31	25,32	289,000	-1,633	0,103
	Interventionsgruppe	25	32,44			
	Gesamtsumme	56				

Das gleiche Bild zeigt sich beim Vergleich der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe. Auch hier erzielen die Schüler der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen höheren mittleren Rang als die Schüler der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 189). Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,196 > 0,05 nicht signifikant. Beide Gruppen sind somit hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung voraussetzungsgleich.

Tabelle 189: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	21	19,50	178,500	-1,293	0,196
	Interventionsgruppe	22	24,39			
	Gesamtsumme	43				

Untersucht man die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe mittels Mann-Whitney-U-Tests hinsichtlich vermuteter Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung, so zeigt die untere Tabelle 190, dass die Jungen zwar im Mann-Whitney-U-Test einen höheren mittleren Rang erzielen als die Mädchen, der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,192 > 0,05 nicht signifikant.

Tabelle 190: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Mädchen	25	21,58	214,500	-1,306	0,192
	Jungen	22	26,75			
	Gesamtsumme	47				

5.3.10 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Führt man den Mann-Whitney-U-Test mit den nach der Unterrichtseinheit erhobenen Daten durch, so zeigt sich zwischen den Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, und den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden, ein signifikanter Unterschied in der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. Die Schülerinnen der

Interventionsgruppe erzielen einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 191).

Tabelle 191: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	28	25,13	297,500	-2,239 (r=0,2891)	0,025
	Interventionsgruppe	32	35,20			
	Gesamtsumme	60				

Die Betrachtung der Veränderung des Antwortverhaltens zwischen Prä- und Posttest mittels Wilcoxon-Tests zeigt, dass die Summe der positiven Ränge bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe deutlich größer ist als die Summe der negativen Ränge (siehe Tabelle 192). Diese positive Tendenz in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,115 nicht signifikant (siehe Tabelle 193). Gleichzeitig erzielen die Schülerinnen der Kontrollgruppe im Wilcoxon-Test eine höhere Rangsumme der negativen Ränge (siehe Tabelle 192). Auch hier ist die Veränderung des Antwortverhaltens zwischen Prä- und Posttest nicht signifikant (siehe Tabelle 193). Jedoch führen die aufgeführten gegensätzlichen Tendenzen zu dem mittels Mann-Whitney-U-Test festgestellten signifikanten Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung.

Tabelle 192: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	12[a]	13,29	159,50
		Positive Ränge	12[b]	11,71	140,50
		Bindungen	3[c]		
		Gesamtsumme	27		
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	8[a]	10,81	86,50
		Positive Ränge	15[b]	12,62	189,50
		Bindungen	1[c]		
		Gesamtsumme	24		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 193: Wilcoxon-Test - Signifikanzen - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schülerinnen Klasse 6

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-1,576[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,115
	Effektstärke	-
Kontrollgruppe	Z	-0,235[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,882
	Effektstärke	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Im Gegensatz zu den Schülerinnen hat sich beim Vergleich der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe auch im Posttest kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ausgebildet (siehe Tabelle 194).

Tabelle 194: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	19	19,42	179,000	-0,312	0,755 (Exakte Sign.: 0,771)
	Interventionsgruppe	20	20,55			
	Gesamtsumme	39				

Die Betrachtung der Veränderung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest mittels Wilcoxon-Tests zeigt, dass innerhalb der Gruppe der Schüler der Kontrollgruppe die Summe der positiven Ränge nur geringfügig größer ist als die Summer der negativen Ränge. Bei den Schülern der Interventionsgruppe ist die Summe der negativen Ränge dagegen deutlich größer als die der positiven Ränge (siehe Tabelle 195). Die Veränderungen in beiden Gruppen sind jedoch nicht signifikant (siehe Tabelle 196). Auffällig ist jedoch die gegensätzliche Entwicklung der Schüler der Interventionsgruppe und der Schülerinnen der Interventionsgruppe.

Tabelle 195: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	7[a]	9,14	64,00
		Positive Ränge	9[b]	8,00	72,00
		Bindungen	3[c]		
		Gesamtsumme	19		
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	12[a]	9,17	110,00
		Positive Ränge	6[b]	10,17	61,00
		Bindungen	1[c]		
		Gesamtsumme	19		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 196: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schüler Klasse 6

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-1,081[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,280
	Effektstärke	-
Kontrollgruppe	Z	-0,209[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,835
	Effektstärke	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Vergleicht man die Ergebnisse der Wilcoxon-Tests für die Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest der Schüler der Interventionsgruppe mit denen der Schülerinnen der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 197), so zeigen sich gegenläufige Tendenzen. So ist die Summe der positiven Ränge im Wilcoxon-Test bei den Schülerinnen größer als die der negativen Ränge. Bei den Schülern ist es genau andersherum. Die Tendenzen sind zwar nicht signifikant und können daher nur vermutet werden. Sie führen jedoch dazu, dass die Schülerinnen im Mann-Whitney-U-Test des Posttests einen höheren mittleren Rang erzielen als die Schüler. Wenngleich der Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen beiden Gruppen auch im Posttest nicht signifikant ist.

Tabelle 197: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 6

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Mädchen	32	26,86	308,500	-0,218	0,828
	Jungen	20	25,93			
	Gesamtsumme	52				

5.3.11 Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Die Auswertung der Prätests mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass vor Beginn der Unterrichtseinheit bereits ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen den Schülerinnen der Kontrollgruppe und den Schülerinnen der Interventionsgruppe vorliegt. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 198), folglich ist bei ihnen die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung größer als bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Tabelle 198: Mann-Whitney-U-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	26	19,31	151,000	-1,986 (r=0,2994)	0,047
	Interventionsgruppe	18	27,11			
	Gesamtsumme	44				

Im Vergleich zu den Schülerinnen liegt zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe im Prätest kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vor (siehe Tabelle 199).

Tabelle 199: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	21	19,52	179,000	-0,283	0,777 (Exakt: 0,791[b])
	Interventionsgruppe	18	20,56			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Vergleicht man zudem die Schülerinnen der Interventionsgruppe mit den Schülern der Interventionsgruppe, so lässt sich im Mann-Whitney-U-Test ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung feststellen (siehe Tabelle 200).

Tabelle 200: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Mädchen	18	19,67	141,000	-0,667	0,505 (Exakt: 0,521[b])
	Jungen	18	17,33			
	Gesamtsumme	36				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.3.12 Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Nach der durchgeführten Unterrichtseinheit besitzen die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, immer noch eine signifikant höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Der im Prätest festgestellte signifikante Unterschied zwischen beiden Gruppen ist mittels Mann-Whitney-U-Test auch im Posttest feststellbar (siehe Tabelle 201).

Tabelle 201: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	25	18,36	134,000	-2,248 (r=0,3428)	0,025
	Interventionsgruppe	18	27,06			
	Gesamtsumme	43				

Die Auswertung der Veränderung des Antwortverhaltens zwischen Prä- und Posttest mittels Wilcoxon-Tests zeigt, dass sowohl für die Schülerinnen der Interventionsgruppe als auch für die Schülerinnen der Kontrollgruppe die Summe der positiven Ränge etwas größer ist als die Summe der negativen Ränge (siehe Tabelle 202). Diese positiven Tendenzen in der Veränderung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung sind jedoch für beide Gruppen nicht signifikant und können daher nur vermutet werden (siehe Tabelle 203). Sie führen aber dazu, dass der bereits im Vorfeld festgestellte signifikante Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung auch im Posttest erhalten bleibt.

Tabelle 202: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	6[a]	5,17	31,00
		Positive Ränge	5[b]	7,00	35,00
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	16		
Kontrollgruppe	SWEPost - SWEPre	Negative Ränge	8[a]	13,13	105,00
		Positive Ränge	13[b]	9,69	126,00
		Bindungen	4[c]		
		Gesamtsumme	25		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 203: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schülerinnen Klasse 10

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-0,180[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,857
	Effektstärke	-
Kontrollgruppe	Z	-0,368[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,713
	Effektstärke	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Der Vergleich der Posttestergebnisse der Schüler der Interventionsgruppe mit den Schülern der Kontrollgruppe in der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zeigt, dass zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied besteht. Auffällig ist jedoch, dass im Posttest die Schüler der Kontrollgruppe nun einen höheren mittleren Rang erzielen als die Schüler der interventionsgruppe (siehe Tabelle 204).

Tabelle 204: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Kontrollgruppe	18	22,00	117,000	-1,646	0,100 (Exakte Sign.: 0,105[b])
	Interventionsgruppe	19	16,16			
	Gesamtsumme	37				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Anhand der Auswertung der Veränderung der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest mittels Wilcoxon-Tests wird deutlich, dass bei den Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, die Rangsumme der negativen Ränge deutlich größer ist als die Rangsumme der positiven Ränge. Diese negative Tendenz in der erhobenen schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ist jedoch nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden. Die Schüler der Kontrollgruppe erzielen dagegen im Wilcoxon-Test eine etwas höhere Rangsumme bei den positiven Rängen. Diese positive Tendenz kann jedoch aufgrund fehlender Signifikanz (siehe Tabelle 206) ebenfalls nur vermutet werden.

Tabelle 205: Wilcoxon-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	SWEPost – SWEPre	Negative Ränge	8[a]	9,69	77,50
		Positive Ränge	7[b]	6,07	42,50
		Bindungen	3[c]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	SWEPost – SWEPre	Negative Ränge	4[a]	8,00	32,00
		Positive Ränge	9[b]	6,56	59,00
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	18		

a: SWEPost > SWEPre; b: SWPost < SWEPre; c: SWEPost = SWEPre

Tabelle 206: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schüler Klasse 10

Gruppe		SWEPost – SWEPre
Interventionsgruppe	Z	-0,998[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,318
	Effektstärke	-
Kontrollgruppe	Z	-0,955[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,339
	Effektstärke	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Nach der Unterrichtseinheit lässt sich mittels Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen den Mädchen und Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, feststellen. Hierbei erzielen die Mädchen im Mann-Whitney-U-Test signifikant höhere mittlere Ränge als die Jungen und weisen demnach im Posttest eine höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung auf.

Tabelle 207: Mann-Whitney-U-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe Klasse 10

Schulbezogene Selbstwirksamkeits-erwartung	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Sign. (2-seitig)
	Mädchen	18	22,58	106,500	-1,967 (r=0,3234)	0,049 (Exakt: 0,049[b])
	Jungen	19	15,61			
	Gesamtsumme	37				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.4 Auswertung der erhobenen Daten zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit während des Chemieunterrichts

Zur Auswertung des Fragebogens zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration wurde die fünfstufige Likert-Skala mit den entsprechenden Abstufungen wie folgt codiert: 0 = „stimmt nicht“; 4 = „stimmt genau“ und anschließend in das Statistikprogramm SPSS Version 22 übertragen. Des Weiteren wurden die vier Einzelitems der Dimension Mitarbeit durch Mittelwertbildung zur Unterskala „Mitarbeit im Unterricht“, die drei Einzelitems zur Konzentration zur Unterskala „Konzentration im Unterricht“ und die sieben Einzelitems zur Aufmerksamkeit zur Unterskala „Aufmerksamkeit während des Unterrichts“ ebenfalls durch Mittelwertbildung zusammengefasst. Für die Auswertung wurden die negativ formulierten Items umcodiert.

5.4.1 Auswertung Prätest jahrgangsübergreifend

Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests für die gesamte, jahrgangsübergreifende Stichprobe zeigt, dass es hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit im Chemieunterricht einen knappen signifikanten Unterschied (asymptotische Signifikanz p= 0,047) zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe gibt. Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet werden sollen (Interventionsgruppe), schätzen ihre Aufmerksamkeit im Vorfeld der Studie im Chemieunterricht höher ein als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich

unterrichtet werden sollen (Kontrollgruppe). Die Gruppen sind hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit nicht voraussetzungsgleich. In der Einschätzung der eigenen Mitarbeit und Konzentration während des Chemieunterrichts sind dagegen keine signifikanten Unterschiede (p> 0,05) feststellbar, somit sind beide Gruppen dahingehend voraussetzungsgleich.

Tabelle 208: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	102	91,69	4099,000	-1,982 (r=0,1409)	0,047
	Interventionsgruppe	96	107,80			
	Gesamtsumme	198				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	100	94,05	4355,000	-1,359	0,174
	Interventionsgruppe	98	105,06			
	Gesamtsumme	198				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	101	96,36	4581,000	-0,674	0,500
	Interventionsgruppe	96	101,78			
	Gesamtsumme	197				

5.4.2 Auswertung Posttest jahrgangsübergreifend

Betrachtet man die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der gesamten Kontroll- und Interventionsgruppe, so lassen sich einige Veränderungen im Vergleich zum Prätest feststellen. Der vor der Studie festgestellte signifikante Unterschied hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts ist nach der Studie nicht mehr messbar. Dagegen schätzen die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, ihre Mitarbeit und die Konzentration nach der Unterrichtseinheit signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden (siehe Tabelle 209).

Tabelle 209: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	96	92,35	4210,00	-0,799	0,424
	Interventionsgruppe	94	98,71			
	Gesamtsumme	190				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	98	86,99	3674,500	-2,098 (r=0,1526)	0,036
	Interventionsgruppe	91	103,62			
	Gesamtsumme	189				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	98	87,64	3738,000	-2,380 (r=0,1713)	0,017
	Interventionsgruppe	95	106,65			
	Gesamtsumme	193				

Anhand der Betrachtung der Veränderungen der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit zwischen Prätest und Posttest mittels Wilcoxon-Tests in Tabelle 210 erkennt man, dass in der Interventionsgruppe die Summe der mittleren negativen Ränge wesentlich höher ist, als die Summe der positiven Ränge. Der Unterschied ist zwar nicht signifikant, jedoch im Vergleich zu den gemessenen

Veränderungen in der Kontrollgruppe auffällig. Insgesamt kann die negative Auswirkung des Einsatzes des Student Response Systems auf die Einschätzung der Aufmerksamkeit, daher nur vermutet werden. Hinsichtlich der Veränderung der Einschätzung der Mitarbeit zeigt sich in der Interventionsgruppe keine signifikante Veränderung. Es ist jedoch auffällig, dass die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ihre Mitarbeit nach der Unterrichtseinheit signifikant schlechter einschätzen als vor der Unterrichtseinheit.

Auffällig ist zudem die negative Entwicklung der Einschätzung der Konzentration in der Kontrollgruppe. Diese ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,020 signifikant. In der Interventionsgruppe gibt es dagegen keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest (siehe Tabelle 211).

Tabelle 210: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Prä/Post jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	31[a]	32,16	997,00
		Positive Ränge	36[b]	35,58	1281,00
		Bindungen	26[c]		
		Gesamtsumme	93		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	42[a]	34,84	1464,00
		Positive Ränge	24[b]	31,16	747,00
		Bindungen	31[c]		
		Gesamtsumme	97		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	35[d]	35,30	1235,50
		Positive Ränge	34[e]	34,69	1179,50
		Bindungen	21[f]		
		Gesamtsumme	90		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	47[d]	40,87	1921,00
		Positive Ränge	27[e]	31,63	854,00
		Bindungen	22[f]		
		Gesamtsumme	96		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	43[g]	42,81	1841,00
		Positive Ränge	34[h]	34,18	1162,00
		Bindungen	14[i]		
		Gesamtsumme	91		
Kontrollgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	40[g]	43,23	1729,00
		Positive Ränge	45[h]	42,80	1926,00
		Bindungen	11[i]		
		Gesamtsumme	96		

Tabelle 211: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke jahrgangsübergreifend

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-0,894[a]	-0,170[b]	-1,730[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,371	0,865	0,084
	Effektstärke r		-	-
Kontrollgruppe	Z	-2,318[b]	-2,903[b]	-0,434[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,020	0,004	0,664
	Effektstärke r	0,2356	0,2963	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

5.4.3 Auswertung Prätest Klasse 6

Die mittleren Ränge der Interventionsgruppe liegen in den Subskalen Aufmerksamkeit und Mitarbeit über denen der Kontrollgruppe. Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe ihre Aufmerksamkeit und Mitarbeit während des Chemieunterrichts etwas höher einschätzen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Im Bereich der Konzentration ist der mittlere Rang der Kontrollgruppe höher. Die Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe schätzen dementsprechend ihre Konzentration während des Chemieunterrichts etwas höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen sind sowohl in der Subskala Aufmerksamkeit mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,199 > 0,05, in der Subskala Mitarbeit mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,171 > 0,05 und in der Subskala Konzentration mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,440 > 0,05 nicht signifikant und können daher nur vermutet werden. Beide Gruppen sind hinsichtlich der Einschätzung der Mitarbeit, Konzentration und Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts voraussetzungsgleich.

Tabelle 212: Mann-Whitney-U-Test – Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	55	52,95	1372,000	-1,286	0,199
	Interventionsgruppe	58	60,84			
	Gesamtsumme	113				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	53	52,10	1330,500	-1,368	0,171
	Interventionsgruppe	59	60,45			
	Gesamtsumme	112				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	54	57,84	1385,500	-0,772	0,440
	Interventionsgruppe	56	53,24			
	Gesamtsumme	110				

5.4.4 Auswertung Posttest Klasse 6

Nach Durchführung der Intervention liefert der Mann-Whitney-U-Test ein anderes Bild. Zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ergeben sich signifikante Unterschiede in allen drei Subskalen.

Im Bereich der Einschätzung der Aufmerksamkeit zeigt der Vergleich der mittleren Ränge im Posttest, dass die Interventionsgruppe den Items zur Aufmerksamkeit mehr zustimmt, als die Kontrollgruppe. Der mittlere Rang der Kontrollgruppe sinkt im Vergleich zum Prätest von 52,95 auf 47,61 ab, während der Wert für die Interventionsgruppe mit 60,27 im Vergleich zum Wert des Prätests mit 60,84 nahezu konstant bleibt. Insgesamt ergibt sich mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,034 < 0,05 ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts.

In der Subskala zur Einschätzung der Mitarbeit während des Chemieunterrichts erzielt die Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ebenfalls einen deutlich höheren mittleren Rang als die Kontrollgruppe (siehe Tabelle 213). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,003 < 0,05 signifikant. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe schätzen somit ihre Mitarbeit während des Chemieunterrichts nach der

durchgeführten Unterrichtseinheit mit dem Student Response System ARSnova insgesamt signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Tabelle 213: Mann-Whitney-U-Test - Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	54	47,61	1092,500	-2,119 (r=0,2049)	0,034
	Interventionsgruppe	53	60,27			
	Gesamtsumme	107				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	55	45,15	943,000	-2,927 (r=0,2843)	0,003
	Interventionsgruppe	51	62,51			
	Gesamtsumme	106				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	55	47,56	1076,000	-2,641 (r=0,2518)	0,008
	Interventionsgruppe	55	63,44			
	Gesamtsumme	110				

In der Subskala zur Einschätzung der Konzentration während des Chemieunterrichts verringert sich der mittlere Rang der Kontrollgruppe im Vergleich zum Prätest von 57,84 auf 47,56 und der mittlere Rang der Interventionsgruppe steigt von 53,24 auf 63,44. Der Unterschied hinsichtlich der Einschätzung der Konzentration ist mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,003 < 0,05 signifikant. Insgesamt schätzen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe somit ihre Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Untersucht man zusätzlich mittels Wilcoxon-Tests, ob es innerhalb der Interventionsgruppe bzw. Kontrollgruppe signifikante Veränderungen in der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit zwischen Prätest und Posttest gibt, so lassen sich in der Subskala zur Einschätzung der Konzentration und der Mitarbeit im Chemieunterricht signifikante Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prätest und Posttest feststellen.

Tabelle 214: Wilcoxon-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	13[a]	13,38	174,00
		Positive Ränge	21[b]	20,05	421,00
		Bindungen	19[c]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	30[a]	19,80	594,00
		Positive Ränge	7[b]	15,57	109,00
		Bindungen	17[c]		
		Gesamtsumme	54		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	18[d]	16,75	301,50
		Positive Ränge	19[e]	21,13	401,50
		Bindungen	14[f]		
		Gesamtsumme	51		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	27[d]	23,50	634,50
		Positive Ränge	15[e]	17,90	268,50
		Bindungen	11[f]		
		Gesamtsumme	53		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	22[g]	20,52	451,50
		Positive Ränge	21[h]	23,55	494,50
		Bindungen	10[i]		
		Gesamtsumme	53		
Kontrollgruppe	AufmPost -AufmPre	Negative Ränge	25[g]	23,42	585,50
		Positive Ränge	22[h]	24,66	542,50
		Bindungen	06[i]		
		Gesamtsumme	53		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe schätzen im Posttest ihre Konzentration während des Chemieunterrichts höher ein als im Prätest. Eine genau entgegengesetzte Entwicklung nimmt die Einschätzung der Konzentration in der Kontrollgruppe. Deutlich erkennbar an der großen Anzahl an negativen Rängen im Vergleich zur Anzahl an positiven Rängen (siehe Tabelle 214).

Tabelle 215: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke Klasse 6

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-2,123[a]	-0,763[a]	-0,261[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,034	0,445	0,794
	Effektstärke r	0,2916	-	-
Kontrollgruppe	Z	-3,710[b]	-2,314[b]	-0,229[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	<0,001	0,021	0,819
	Effektstärke r	0,5049	0,3179	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Betrachtet man die Signifikanzen in Tabelle 215, so stellt man fest, dass die Kontrollgruppe ihre Konzentration während des Chemieunterrichts im Posttest im Vergleich zum Prätest signifikant schlechter einschätzt. Die berechnete Effektstärke von r=0,5049 weist nach Bortz und Döring (2016) auf einen großen Effekt hin. Innerhalb der Interventionsgruppe gibt es zwischen dem Antwortverhalten im Prätest und im Posttest eine positive Veränderung der Einschätzung der Konzentration mit einer Effektstärke von r= 0,2916 (mittlerer Effekt).

Im Bereich der Einschätzung der Mitarbeit gibt es in der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede im Antwortverhalten zwischen Prätest und Posttest. In der Kontrollgruppe zeigt sich jedoch ein anderes Bild. Die hohe Anzahl an negativen Rängen bzw. der hohe mittlere Rang der negativen Ränge deutet auf eine geringere Zustimmung der Items der Subskala zur Einschätzung der Mitarbeit im Chemieunterricht im Posttest im Vergleich zum Prätest hin. Die berechnete asymptotische Signifikanz von p= 0,021 zeigt, dass die Kontrollgruppe ihre Mitarbeit im Posttest signifikant schlechter einschätzt als im Prätest. Die berechnete Effektstärke von r= 0,3179 weist auf einen mittleren Effekt hin.

Im Bereich der Einschätzung der Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts zeigen sich sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prätest und Posttest.

Die statistischen Untersuchungen zeigen, dass nach der durchgeführten Unterrichtseinheit die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response Systems ARSnova unterrichtet wurde, ihre Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration signifikant höher einschätzen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe schätzt ihre Konzentration und Mitarbeit nach der Unterrichtseinheit signifikant schlechter ein als vor der Unterrichtseinheit.

5.4.5 Auswertung Prätest Klasse 10

Vergleicht man die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration während des Chemieunterrichts zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe im Prätest, so lässt sich mittels Mann-Whitney-U-Test hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,318 > 0,05 und hinsichtlich der Einschätzung der Mitarbeit mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,821 > 0,05 kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen. Beide Gruppen sind somit hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit und Mitarbeit voraussetzungsgleich. Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests zeigt jedoch, dass im Bereich der Einschätzung der Konzentration während des Chemieunterrichts ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht (asymptotische Signifikanz 0,037 < 0,05). Der im Vergleich zur Kontrollgruppe sehr hohe mittlere Rang von 50,08 der Interventionsgruppe zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe ihre Konzentration während des Chemieunterrichts signifikant höher einschätzen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Tabelle 216: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	47	40,61	780,500	-0,998	0,318
	Interventionsgruppe	38	45,96			
	Gesamtsumme	85				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	47	42,95	890,500	-0,227	0,821
	Interventionsgruppe	39	44,17			
	Gesamtsumme	86				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	47	38,83	697,000	-2,090	0,037
	Interventionsgruppe	40	50,08			
	Gesamtsumme	87				

5.4.6 Auswertung Posttest Klasse 10

Wertet man die im Posttest erhobenen Daten zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration im Chemieunterricht mittels des nichtparametrischen Mann-Whitney-U-Tests aus, so zeigt sich, dass zwischen den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe kein signifikanter Unterschied in der Einschätzung besteht. Der im Prätest gefundene signifikante Unterschied in der Einschätzung der Konzentration hat sich im Posttest aufgelöst. Der mittlere Rang der Interventionsgruppe liegt mit 43,93 nur noch leicht über dem der Kontrollgruppe mit 40,21. Der Vergleich der mittleren Ränge im Bereich der Einschätzung der Aufmerksamkeit zeigt zwar, wie bereits angesprochen, keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen, jedoch ist im Posttest der mittlere Rang der Kontrollgruppe höher als der mittlere Rang der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 217). Im Prätest war es genau andersherum (siehe Tabelle 216).

Tabelle 217: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Klasse 10 Posttest

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	54	44,66	745,500	-1,046	0,296
	Interventionsgruppe	53	39,14			
	Gesamtsumme	107				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	43	41,30	830,000	-0,275	0,784
	Interventionsgruppe	40	42,75			
	Gesamtsumme	83				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	55	40,21	783,000	-0,707	0,479
	Interventionsgruppe	55	43,93			
	Gesamtsumme	110				

Betrachtet man zusätzlich die Veränderungen im Antwortverhalten zwischen Prätest und Posttest mittels Wilcoxon-Tests, so stellt man in der Interventionsgruppe eine signifikante Veränderung (siehe Tabelle 219) in der Bewertung der eigenen Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts mit ARSnova fest. Die Interventionsgruppe bewertet ihre Aufmerksamkeit im Posttest signifikant schlechter als im Prätest. Die berechnete Effektstärke von r= 0,2764 deutet auf einen schwachen bis mittleren Effekt hin.

Diese Tendenz ist nicht verwunderlich, da einer der Klassen während des Unterrichts mit ARSnova häufig technische Probleme auftraten und daher die Schülerinnen und Schüler abgelenkt waren. Dagegen sind in der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen des Antwortverhaltens zwischen Prätest und Posttest feststellbar. Auffällig ist jedoch eine negative Tendenz im Bereich der Einschätzung der Mitarbeit. Diese ist mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,080 >0,05 zwar nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden, fällt aber deutlicher aus als in der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 219).

Tabelle 218: Wilcoxon-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	18[a]	19,06	343,00
		Positive Ränge	15[b]	14,53	218,00
		Bindungen	7[c]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	12[a]	15,92	191,00
		Positive Ränge	17[b]	14,35	244,00
		Bindungen	14[c]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	17[d]	18,59	316,00
		Positive Ränge	15[e]	14,13	212,00
		Bindungen	7[f]		
		Gesamtsumme	39		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	20[d]	17,83	356,50
		Positive Ränge	12[e]	14,29	171,50
		Bindungen	11[f]		
		Gesamtsumme	43		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	21[g]	21,83	458,50
		Positive Ränge	13[h]	10,50	136,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	38		
		Negative Ränge	15[g]	21,20	318,00

Kontrollgruppe	AufmPost - AufmPre	Positive Ränge	23[h]	18,39	423,00
		Bindungen	5[i]		
		Gesamtsumme	43		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 219: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke Klasse 10

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-1,130[a]	-0,992[a]	-1,704[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,258	0,321	0,006
	Effektstärke r	-	-	0,2764
Kontrollgruppe	Z	-0,579[b]	-1,752[a]	-0,766[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,563	0,080	0,444
	Effektstärke r	-	-	-

a: basierend auf positiven Rängen; b: basierend auf negativen Rängen

5.4.7 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Vergleicht man die Mädchen der Interventionsgruppe mit den Mädchen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 220) und die Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 221), so lässt sich feststellen, dass bei beiden Geschlechtern hinsichtlich der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration im Vorfeld der Studie keine signifikanten Unterschiede messbar sind.

Tabelle 220: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend (Mädchen)

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	58	52,91	1357,500	-1,368	0,171
	Interventionsgruppe	55	61,32			
	Gesamtsumme	113				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	58	52,11	1311,500	-1,781	0,075
	Interventionsgruppe	56	63,08			
	Gesamtsumme	114				
Subskala - Konzentration (3 Items	Kontrollgruppe	57	59,28	1310,000	-1,217	0,224
	Interventionsgruppe	53	51,98			
	Gesamtsumme	110				

Tabelle 221: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend (Jungen)

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	42	37,42	668,500	-1,595	0,111
	Interventionsgruppe	40	45,79			
	Gesamtsumme	82				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	40	40,71	808,500	-0,109	0,913
	Interventionsgruppe	41	41,28			
	Gesamtsumme	81				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	42	43,70	831,500	-0,455	0,649
	Interventionsgruppe	42	41,30			
	Gesamtsumme	84				

Ein Vergleich der Mädchen mit den Jungen der jahrgangsübergreifenden Interventionsgruppe hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration während des Chemieunterrichts zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen (siehe Tabelle 222)

Tabelle 222: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	55	49,21	1033,500	-0,503	0,615
	Schüler	40	46,34			
	Gesamtsumme	95				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	56	50,33	1073,500	-0,547	0,584
	Schüler	41	47,18			
	Gesamtsumme	97				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	53	52,56	871,500	-1,842	0,066
	Schüler	42	42,25			
	Gesamtsumme	95				

5.4.8 Auswertung Posttest geschlechtsspezifische Unterschiede jahrgangsübergreifend

Vergleicht man die Mädchen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden, hinsichtlich der Einschätzungen der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration im Posttest, so zeigen die Ergebnisse des durchgeführten Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 223, dass die Schülerinnen der Interventionsgruppe in den Subskalen Mitarbeit und Konzentration einen signifikant höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Folglich schätzen die Schülerinnen der Interventionsgruppe ihre eigene Mitarbeit und Konzentration in den zurückliegenden signifikant höher ein als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. In der Einschätzung zur Aufmerksamkeit liegt dagegen kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen vor (siehe Tabelle 223).

Tabelle 223: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend (Mädchen)

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	55	51,46	1290,500	-1,029	0,303
	Interventionsgruppe	53	57,65			
	Gesamtsumme	108				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	57	48,22	1095,500	-2,214 (r=0,2130)	0,027
	Interventionsgruppe	51	61,52			
	Gesamtsumme	108				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	57	46,38	990,500	-3,266 (r=0,3100)	0,001
	Interventionsgruppe	54	66,16			
	Gesamtsumme	111				

Der durchgeführte Wilcoxon-Test zeigt, dass bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen in den Einschätzungen der eigenen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration zwischen Prä- und Posttest vorliegen. Bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe sind jedoch signifikant schlechtere Bewertungen der eigenen Konzentration und Mitarbeit im Posttest

verglichen mit den Einschätzungen im Prätest festzustellen (siehe Tabelle 225). Die führen zu den bereits oben angegebenen Auffälligkeiten im durchgeführten Mann-Whitney-U-Test.

Tabelle 224: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Mädchen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe Mädchen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	13[a]	15,00	195,00
		Positive Ränge	19[b]	17,53	333,00
		Bindungen	20[c]		
		Gesamtsumme	52		
Kontrollgruppe Mädchen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	28[a]	19,18	537,00
		Positive Ränge	11[b]	22,09	243,00
		Bindungen	17[c]		
		Gesamtsumme	56		
Interventionsgruppe Mädchen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	18[d]	18,03	324,50
		Positive Ränge	17[e]	17,97	305,50
		Bindungen	16[f]		
		Gesamtsumme	51		
Kontrollgruppe Mädchen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	25[d]	24,58	614,50
		Positive Ränge	16[e]	15,41	246,50
		Bindungen	16[f]		
		Gesamtsumme	57		
Interventionsgruppe Mädchen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	24[g]	24,13	579,00
		Positive Ränge	22[h]	22,82	502,00
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	52		
Kontrollgruppe Mädchen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	20[g]	22,50	450,00
		Positive Ränge	26[h]	24,27	631,00
		Bindungen	9[i]		
		Gesamtsumme	55		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 225: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Mädchen jahrgangsübergreifend

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-1,301[a]	-0,159[b]	-0,422[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,193	0,874	0,673
	Effektstärke r	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-2,075[b]	-2,407[b]	-0,998[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,038	0,016	0,318
	Effektstärke r	0,2773	0,3188	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Im Gegensatz zum Vergleich der beiden Mädchengruppen zeigen sich im Posttest beim Vergleich der Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede in der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit (siehe Tabelle 225). Auffällig ist jedoch, dass die Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit ihre Aufmerksamkeit signifikant schlechter bewerten als vor der Durchführung. Diese Tendenz ist bei den Schülern der Kontrollgruppe nicht beobachtbar. Hinsichtlich

der Einschätzung der Mitarbeit und Konzentration zeigen sich in beiden Jungengruppen keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest (siehe Tabelle 228).

Tabelle 226: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend (Jungen)

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	39	40,37	765,500	-0,143	0,887
	Interventionsgruppe	40	39,64			
	Gesamtsumme	79				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	39	38,47	720,500	-0,402	0,688
	Interventionsgruppe	39	40,53			
	Gesamtsumme	78				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	39	41,21	733,000	-0,464	0,643
	Interventionsgruppe	40	38,83			
	Gesamtsumme	79				

Tabelle 227: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Jungen jahrgangsübergreifend

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	18[a]	16,78	302,00
		Positive Ränge	16[b]	18,31	293,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	40		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	13[a]	15,35	199,50
		Positive Ränge	12[b]	10,46	125,50
		Bindungen	14[c]		
		Gesamtsumme	39		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	17[d]	17,09	290,50
		Positive Ränge	16[e]	16,91	270,50
		Bindungen	5[f]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	20[d]	15,80	316,00
		Positive Ränge	11[e]	16,36	180,00
		Bindungen	6[f]		
		Gesamtsumme	37		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	19[g]	18,87	358,50
		Positive Ränge	11[h]	9,68	106,50
		Bindungen	8[i]		
		Gesamtsumme	38		
Kontrollgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	19[g]	19,50	370,50
		Positive Ränge	18[h]	18,47	332,50
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	39		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 228: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Jungen jahrgangsübergreifend

		KonzPost - KonzPre	**MitarbeitPost – Mitarbeit Pre**	**AufmPost - AufmPre**
Interventionsgruppe	Z	-0,078[b]	-0,180[b]	-2,603[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,938	0,857	0,009

	Effektstärke r	-	-	0,4223
Kontrollgruppe	Z	-1,010[b]	-1,347[b]	-0,288[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,312	0,178	0,773
	Effektstärke r	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Vergleicht man nach der durchgeführten Unterrichtseinheit mit ARSnova die Einschätzungen der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration der Mädchen mit denen der Jungen, so lassen sich im durchgeführten Mann-Whitney-U-Test hinsichtlich der Einschätzung der Konzentration signifikante Unterschiede feststellen (siehe Tabelle 228). Die Mädchen schätzen dabei ihre Konzentration in den zurückliegenden Unterrichtsstunden signifikant höher ein als die Jungen.

Tabelle 229: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	53	50,99	848,500	-1,645	0,100
	Schüler	40	41,71			
	Gesamtsumme	93				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	51	46,95	920,500	-0,606	0,544
	Schüler	39	43,60			
	Gesamtsumme	90				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	54	54,32	711,500	-2,846	0,004
	Schüler	40	38,29			
	Gesamtsumme	94				

5.4.9 Auswertung Prätests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Untersucht man mittels Mann-Whitney-U-Test, ob zwischen den Mädchen der Interventionsgruppe und den Jungen der Interventionsgruppe, den Mädchen der Interventionsgruppe und den Mädchen der Kontrollgruppe, sowie zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe signifikante Unterschiede in der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit während des Chemieunterrichts in Klasse 6 vorliegen, so zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den Einschätzungen. Die Untergruppen sind somit hinsichtlich der untersuchten Merkmale voraussetzungsgleich (siehe Tabellen 230 bis 232).

Tabelle 230: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	36	29,61	392,000	-0,064	0,949
	Schüler	22	29,32			
	Gesamtsumme	58				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	36	29,97	413,000	-0,016	0,987
	Schüler	23	30,04			
	Gesamtsumme	59				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	33	30,80	303,500	-1,296	0,195
	Schüler	23	25,20			
	Gesamtsumme	56				

Tabelle 231: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	32	33,23	535,500	-0,500	0,617
	Interventionsgruppe	36	35,63			
	Gesamtsumme	68				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	32	31,44	478,000	-1,213	0,225
	Interventionsgruppe	36	37,22			
	Gesamtsumme	68				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	33	30,56	447,500	-0,890	0,373
	Interventionsgruppe	31	34,56			
	Gesamtsumme	64				

Tabelle 232: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	21	18,38	155,000	-1,854	0,064
	Interventionsgruppe	22	25,45			
	Gesamtsumme	43				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	19	20,26	195,000	-0,599	0,549
	Interventionsgruppe	23	22,52			
	Gesamtsumme	42				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	21	23,48	221,000	-0,490	0,624
	Interventionsgruppe	23	21,61			
	Gesamtsumme	44				

5.4.10 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 6

Führt man nach der durchgeführten Unterrichtseinheit den Mann-Whitney-U-Test erneut durch, so stellt man fest, dass die Schülerinnen der Interventionsgruppe in allen drei untersuchten Merkmalen einen deutlich höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der Einschätzung der Konzentration ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p = 0,019 signifikant. Die Schülerinnen der Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, schätzen ihre Konzentration somit signifikant höher ein als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden. In der Einschätzung der eigenen Mitarbeit ist der Unterschied zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülerinnen der Kontrollgruppe knapp nicht signifikant (siehe Tabelle 233). Kein signifikanter Unterschied besteht in der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit während des herkömmlichen Unterrichts bzw. während des Unterrichts mit ARSnova.

Tabelle 233: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	30	28,03	376,000	-1,647	0,100
	Interventionsgruppe	33	35,61			
	Gesamtsumme	63				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	32	27,73	359,500	-1,894	0,058
	Interventionsgruppe	31	36,40			
	Gesamtsumme	63				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	32	27,92	365,500	-2,343 (r=0,2884)	0,019
	Interventionsgruppe	34	38,75			
	Gesamtsumme	66				

Anhand des Wilcoxon-Tests lässt sich erkennen, dass die Schülerinnen in den Klassen, die herkömmlich unterrichtet wurden, ihre eigene Konzentration nach der durchgeführten Unterrichtseinheit signifikant schlechter einschätzen als vor der Durchführung. In den Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, ist dagegen eine positive Entwicklung in der Einschätzung der Konzentration zu beobachten, wenngleich die Entwicklung knapp nicht signifikant ist. In den Einschätzungen der eigenen Mitarbeit und Aufmerksamkeit während des durchgeführten Unterrichts zeigen die Schülerinnen der Interventionsgruppe im Vergleich zum Prätest durchaus positive Tendenzen, erkennbar an der höheren Rangsummen der positiven Ränge im Vergleich zu den Rangsummen der negativen Rängen. Bei der Schülerinnen der Kontrollgruppe sind dagegen sowohl in der Einschätzung der eigenen Mitarbeit, als auch in der Einschätzung der Aufmerksamkeit während des zurückliegenden Unterrichts die Rangsummen der negativen Ränge größer als die Rangsummen der positiven Ränge. Jedoch sind auch hier die Veränderungen nicht signifikant (siehe Tabelle 235).

Tabelle 234: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Mädchen Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe Mädchen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	6[a]	6,58	39,50
		Positive Ränge	11[b]	10,32	113,50
		Bindungen	15[c]		
		Gesamtsumme	32		
Kontrollgruppe Mädchen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	20[a]	12,05	241,00
		Positive Ränge	2[b]	6,00	12,00
		Bindungen	9[c]		
		Gesamtsumme	31		
Interventionsgruppe Mädchen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	10[d]	10,20	102,00
		Positive Ränge	11[e]	11,73	129,00
		Bindungen	10[f]		
		Gesamtsumme	31		
Kontrollgruppe Mädchen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	15[d]	14,27	214,00
		Positive Ränge	9[e]	9,56	86,00
		Bindungen	8[f]		
		Gesamtsumme	32		
Interventionsgruppe Mädchen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	13[g]	13,12	170,50
		Positive Ränge	16[h]	16,53	264,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	33		
Kontrollgruppe Mädchen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	14[g]	13,11	183,50
		Positive Ränge	12[h]	13,96	167,50
		Bindungen	4[i]		
		Gesamtsumme	30		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 235: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Mädchen Klasse 6

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-1,760[a]	-0,478[a]	-1,019[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,078	0,633	0,308
	Effektstärke r	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-3,787[b]	-1,846[b]	-0,206[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	<0,001	0,065	0,837
	Effektstärke r	0,6802	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Vergleicht man die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit der Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit denen der Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden, so lässt sich anhand des Mann-Whitney-U-Tests ein signifikanter Unterschied in der Einschätzung der eigenen Mitarbeit feststellen. Die Jungen der Interventionsgruppe schätzen im Posttest ihre Mitarbeit in den zurückliegenden Stunden signifikant höher eine als die Jungen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 236). Der beim Vergleich der Mädchen aufgetretene signifikante Unterschied in der Einschätzung der eigenen Konzentration ist dagegen nicht feststellbar.

Tabelle 236: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	21	19,69	182,500	-0,964	0,335
	Interventionsgruppe	21	23,31			
	Gesamtsumme	42				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	21	17,26	131,500	-2,064 (r=0,3223)	0,039
	Interventionsgruppe	20	24,93			
	Gesamtsumme	41				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	21	19,45	177,500	-1,090	0,276
	Interventionsgruppe	21	23,55			
	Gesamtsumme	42				

Der durchgeführte Wilcoxon-Test zeigt, dass sowohl für die Jungen aus der Interventionsgruppe als auch für die Jungen der Kontrollgruppe die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration sich im Posttests im Vergleich zum Prätest nicht signifikant verändert hat (siehe Tabellen 238). Des Weiteren zeigt ein Vergleich der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration, dass zwischen den Mädchen und den Jungen, die mit ARSnova gearbeitet haben, keine signifikanten Unterschiede vorliegen (siehe Tabelle 239) .

Tabelle 237: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schüler Klasse 6

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe Jungen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	7[a]	7,29	51,00
		Positive Ränge	10[b]	10,20	102,00
		Bindungen	4[c]		
		Gesamtsumme	21		
Kontrollgruppe Jungen	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	9[a]	7,44	67,00
		Positive Ränge	4[b]	6,00	24,00
		Bindungen	8[c]		

		Gesamtsumme	21		
Interventionsgruppe Jungen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	8[d]	7,19	57,50
		Positive Ränge	8[e]	9,81	78,50
		Bindungen	4[f]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe Jungen	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	10[d]	8,55	85,50
		Positive Ränge	6[e]	8,42	50,50
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	19		
Interventionsgruppe Jungen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	9[g]	7,94	71,50
		Positive Ränge	5[h]	6,70	33,50
		Bindungen	6[i]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe Jungen	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	10[g]	9,40	94,00
		Positive Ränge	9[h]	10,67	96,00
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	21		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 238: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Jungen Klasse 6

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-1,214[a]	-0,548[a]	-1,200[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,225	0,583	0,230
	Effektstärke r	-	-	-
Kontrollgruppe	Z	-1,517[b]	-0,917[b]	-0,040[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,129	0,359	0,968
	Effektstärke r	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Tabelle 239: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	33	29,65	275,500	-1,267	0,205
	Schüler	21	24,12			
	Gesamtsumme	54				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	31	25,81	304,000	-0,117	0,906
	Schüler	20	26,30			
	Gesamtsumme	51				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	34	31,07	252,500	-1,846	0,065
	Schüler	21	23,02			
	Gesamtsumme	55				

5.4.11 Auswertung Prätest geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Auswertungen der Prätestergebnisse mittels Mann-Whitney-U-Test zeigen, dass zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülerinnen der Kontrollgruppe hinsichtlich der erhobenen Einschätzungen der Aufmerksamkeit und der Mitarbeit keine signifikanten Unterschiede bestehen. In beiden Subskalen erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe lediglich leicht

höhere mittlere Ränge als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 240). In der erhobenen Einschätzung der Konzentration während des Chemieunterrichts ist dagegen ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen messbar. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe schätzen ihre Konzentration signifikant höher ein als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 240).

Tabelle 240: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	26	20,25	175,500	-1,653	0,098
	Interventionsgruppe	19	26,76			
	Gesamtsumme	45				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	26	21,54	209,000	-1,137	0,255
	Interventionsgruppe	20	26,05			
	Gesamtsumme	46				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	26	18,46	129,000	-2,935	0,003
	Interventionsgruppe	20	30,05			
	Gesamtsumme	46				

Zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe bzw. den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülern der Interventionsgruppe ist dagegen in der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration während des Chemieunterrichts kein signifikanter Unterschied feststellbar (siehe Tabelle 241 und 242).

Tabelle 241: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	21	20,29	183,000	-0,169	0,865 (Exakt: 0,878[b])
	Interventionsgruppe	18	19,67			
	Gesamtsumme	39				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	21	21,36	160,500	-0,808	0,419 (Exakt: 0,426[b])
	Interventionsgruppe	18	18,42			
	Gesamtsumme	39				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	21	20,79	193,500	-0,165	0,869 (Exakt: 0,872[b])
	Interventionsgruppe	19	20,18			
	Gesamtsumme					

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 242: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	19	20,95	134,000	-1,130	0,291 (Exakt: 0,296[b])
	Schüler	18	16,94			
	Gesamtsumme	37				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	20	21,10	148,000	-0,942	0,346 (Exakt: 0,361[b])
	Schüler	18	17,72			
	Gesamtsumme	38				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	20	22,18	146,500	-1,248	0,212 (Exakt: 0,224[b])
	Schüler	19	17,71			
	Gesamtsumme	39				

5.4.12 Auswertung Posttests geschlechtsspezifische Unterschiede Klasse 10

Die Auswertung der Posttestergebnisse mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit kein signifikanter Unterschied in der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit und Mitarbeit zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülerinnen der Kontrollgruppe besteht. Auffällig ist, dass die Schülerinnen der Kontrollgruppe ihre eigene Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts nach der Unterrichtseinheit deutlich schlechter einschätzen als vor der Unterrichtseinheit. Im Wilcoxon-Test ist die Summe der negativen Ränge deutlich größer als die der positiven Ränge. Die Veränderung ist mit einer asymptotischen Signifkanz von p= 0,048 signifikant. Die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, schätzen ihre Aufmerksamkeit im Posttest daher signifikant anders ein als im Prätest. Bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe ist diese Veränderung nicht messbar. Hier zeigt der Vergleich der Prä-/ Posttestergebnisse, dass die Summe der positiven Ränge in der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit höher ist als die Summer der negativen Ränge. Diese positive Entwicklung kann jedoch aufgrund fehlender Signifikanz nur vermutet werden. Hinsichtlich des Vergleichs der Einschätzung der eigenen Mitarbeit zwischen Prä- und Posttest zeigt der Wilcoxon-Test, dass sowohl bei den Schülerinnen der Kontroll-, als auch bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe die Summe der negativen Ränge größer ist als die der positiven Ränge (siehe Tabelle 244). Beide Entwicklungen sind jedoch nicht signifikant, wenngleich die Summe der negativen Ränge bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe deutlich größer ist als bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 244).

Hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Konzentration ist auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit ein signifikanter Unterschied zwischen den Schülerinnen der beiden Gruppen messbar (siehe Tabelle 243). Der Wilcoxon-Test zeigt, dass die Veränderungen zwischen Prätest und Posttest nicht signifikant sind, wenngleich, die Schülerinnen der Kontrollgruppe eine höhere Rangsumme der positiven Ränge verglichen mit der der negativen Ränge erzielen. Dies ist bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe nicht messbar (siehe Tabelle 244).

Tabelle 243: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	25	23,40	240,000	-0,229	0,819
	Interventionsgruppe	20	22,50			
	Gesamtsumme	45				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	25	20,74	193,500	-1,301	0,193
	Interventionsgruppe	20	25,83			
	Gesamtsumme	45				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	25	19,02	150,500	-2,290 (r=0,3414)	0,022
	Interventionsgruppe	20	27,98			
	Gesamtsumme	45				

Tabelle 244: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schülerinnen Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	7[a]	8,86	62,00
		Positive Ränge	8[b]	7,25	58,00
		Bindungen	5[c]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	8[a]	7,94	63,50
		Positive Ränge	9[b]	9,94	89,50
		Bindungen	8[c]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	8[d]	8,25	66,00
		Positive Ränge	6[e]	6,50	39,00
		Bindungen	6[f]		
		Gesamtsumme	20		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	10[d]	10,75	107,50
		Positive Ränge	7[e]	6,50	45,50
		Bindungen	8[f]		
		Gesamtsumme	25		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	11[g]	10,73	118,00
		Positive Ränge	6[h]	5,83	35,00
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	6[g]	12,00	72,00
		Positive Ränge	14[h]	9,86	138,00
		Bindungen	5[i]		
		Gesamtsumme	25		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 245: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Schülerinnen Klasse 10

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-0,115[b]	-0,868[b]	-1,975[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,908	0,385	0,048
	Effektstärke r	-	-	0,4531
Kontrollgruppe	Z	-0,619[a]	-1,490[b]	-1,241[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,536	0,136	0,215
	Effektstärke r	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Zwischen den Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden und den Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, gibt es auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede in den Einschätzungen der eigenen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration (siehe Tabelle 246). Auffällig ist jedoch, dass die Schüler der Kontrollgruppe in allen drei Subskalen leicht höhere mittlere Ränge erzielen.

Tabelle 246: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Kontrollgruppe	18	21,47	126,500	-1,356	0,175 (Exakt: 0,178[b])
	Interventionsgruppe	19	16,66			
	Gesamtsumme	37				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Kontrollgruppe	18	20,83	138,000	-1,009	0,313 (Exakt: 0,327[b])
	Interventionsgruppe	19	17,26			
	Gesamtsumme	37				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Kontrollgruppe	18	21,92	118,500	-1,611	0,107 (Exakt: 0,111[b])
	Interventionsgruppe	19	16,24			
	Gesamtsumme	37				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Betrachtet man die Veränderungen in den Einschätzungen zwischen Prä- und Posttest mittels Wilcoxon-Tests, so lässt sich feststellen, dass die Schüler der Interventionsgruppe ihre eigene Aufmerksamkeit im Posttest signifikant schlechter einschätzen als im Prätest (siehe Tabelle 248). Diese signifikante Verschlechterung in der Einschätzung ist bei den Schülern der Kontrollgruppe nicht feststellbar. Hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Konzentration und Mitarbeit gibt es sowohl bei den Schülern der Kontrollgruppe als auch bei den Schülern der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest.

Tabelle 247: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schüler Klasse 10

Gruppe			H	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interventionsgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	11[a]	9,73	107,00
		Positive Ränge	6[b]	7,67	46,00
		Bindungen	2[c]		
		Gesamtsumme	19		
Kontrollgruppe	KonzPost - KonzPre	Negative Ränge	4[a]	8,75	35,00
		Positive Ränge	8[b]	5,38	43,00
		Bindungen	6[c]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	9[d]	10,06	90,50
		Positive Ränge	8[e]	7,81	62,50
		Bindungen	1[f]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	MitarbeitPost - MitarbeitPre	Negative Ränge	10[d]	7,75	77,50
		Positive Ränge	5[e]	8,50	42,50
		Bindungen	3[f]		
		Gesamtsumme	18		
Interventionsgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	10[g]	11,20	112,00
		Positive Ränge	6[h]	4,00	24,00
		Bindungen	2[i]		
		Gesamtsumme	18		
Kontrollgruppe	AufmPost - AufmPre	Negative Ränge	9[g]	10,44	94,00
		Positive Ränge	9[h]	8,56	77,00
		Bindungen	0[i]		
		Gesamtsumme	18		

a: KonzPost < KonzPre; b: KonzPost > KonzPre; c: KonzPost = KonzPre
d: MitarbeitPost < MitarbeitPre; e: MitarbeitPost > MitarbeitPre; f: MitarbeitPost = MitarbeitPre
g: AufmPost < AufmPre; h: AufmPost >AufmPre; i: AufmPost = AufmPre

Tabelle 248: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Schüler Klasse 10

		KonzPost - KonzPre	MitarbeitPost – Mitarbeit Pre	AufmPost - AufmPre
Interventionsgruppe	Z	-1,458[b]	-0,672[b]	-2,286[b]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,145	0,502	0,022
	Effektstärke r	-	-	0,5388
Kontrollgruppe	Z	-0,319[a]	-1,003[b]	-0,372[a]
	Asymp. Sig. (2-seitig)	0,749	0,316	0,710
	Effektstärke r	-	-	-

a: basierend auf negativen Rängen; b: basierend auf positiven Rängen

Vergleicht man die Mädchen und Jungen, die mit ARSnova gearbeitet haben, hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit, so zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 249, dass zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der Einschätzung der Konzentration ein signifikanter Unterschiede besteht. Die Mädchen sind der Meinung, dass sie in dem zurückliegenden Unterricht mit ARSnova konzentrierter gearbeitet haben als die Jungen.

Tabelle 249: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Subskala – Aufmerksamkeit (7 Items)	Schülerinnen	20	21,88	152,500	-1,056	0,291 (Exakt: 0,296[b])
	Schüler	19	18,03			
	Gesamtsumme	39				
Subskala – Mitarbeit (4 Items)	Schülerinnen	20	22,13	147,500	-1,202	0,230 (Exakt: 0,235[b])
	Schüler	19	17,76			
	Gesamtsumme	39				
Subskala - Konzentration (3 Items (umcodiert))	Schülerinnen	20	23,48	120,500	-1,975 (r=0,3163)	0,048 (Exakt: 0,050[b])
	Schüler	19	16,34			
	Gesamtsumme	39				

5.5 Auswertung der erhobenen Daten zur Bedienbarkeit von ARSnova

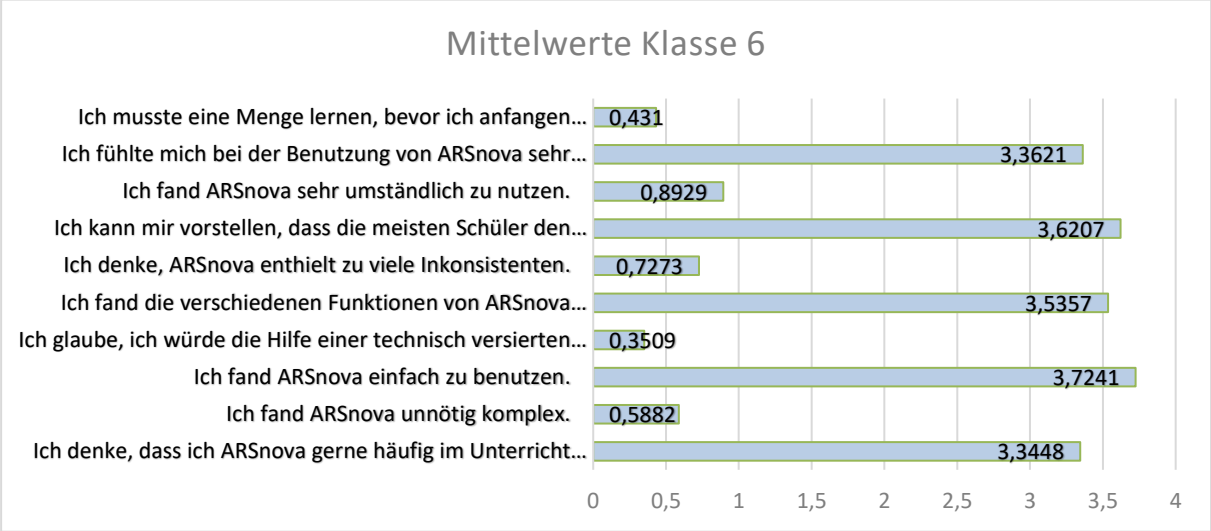
Zur Auswertung wurde die fünfstufige Likert-Skala mit den Polen 4 = „stimmt genau“ und 0 = „stimmt nicht“ codiert und anschließend in das Statistikprogramm SPSS Version 22 übertragen. Zur Auswertung der Skala werden wie bereits in Kapitel 4.4 dargestellt die negativ formulierten Items umcodiert, die entsprechenden Zahlenwerte der Bewertung der Aussagen anschließend addiert und mit dem Faktor 2,5 multipliziert (Brooke, 1996). So ergibt sich eine maximale Punktzahl von 100 für die System Usability Score (SUS).

5.5.1 Auswertung Klasse 6

Betrachtet man die Mittelwerte der einzelnen Items, so erkennt man, dass die positiv formulierten Items 2, 4, 6, 8 und 10 einen deutlich höheren Mittelwert erzielen, als die negativ formulierten Items 1, 3, 5, 7, 9. Den höchsten Mittelwert erzielt das Item: „Ich fand ARSnova einfach zu benutzen.“, den niedrigsten das Item: „Ich glaube ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person (meines Lehrers oder eines Erwachsenen) benötigen, um ARSnova benutzen zu können.“ Zur Beurteilung der

Bedienbarkeit von ARSnova wird wie bereits in Kapitel 4.4 dargestellt der System Usability Score berechnet.

Tabelle 250: Bedienbarkeit ARSnova - Mittelwerte Einzelitems Klasse 6



Es lässt sich von 49 Schülerinnen und Schülern der System Usability Score aus den Einschätzungen der einzelnen 10 Items berechnen. Bei zehn Schülerinnen und Schülern ist eine Berechnung aufgrund fehlender Einschätzungen zu einzelnen Aussagen nicht möglich. Der maximale Wert 100 für die System Usability wird insgesamt von 19 Schülerinnen und Schülern (38,8% aller System Usability Scores) vergeben. Die drei schlechtesten Bewertungen mit einer Punktzahl von 27,50; 47,50 und 62,50 werden jeweils von einer Schülerin bzw. einem Schüler vergeben.

Der Mittelwert aller berechneter Punktzahlen für die System Usability von ARSnova in Klasse 6 beträgt 88,21, der Median 95,00. (siehe Tabelle 251).

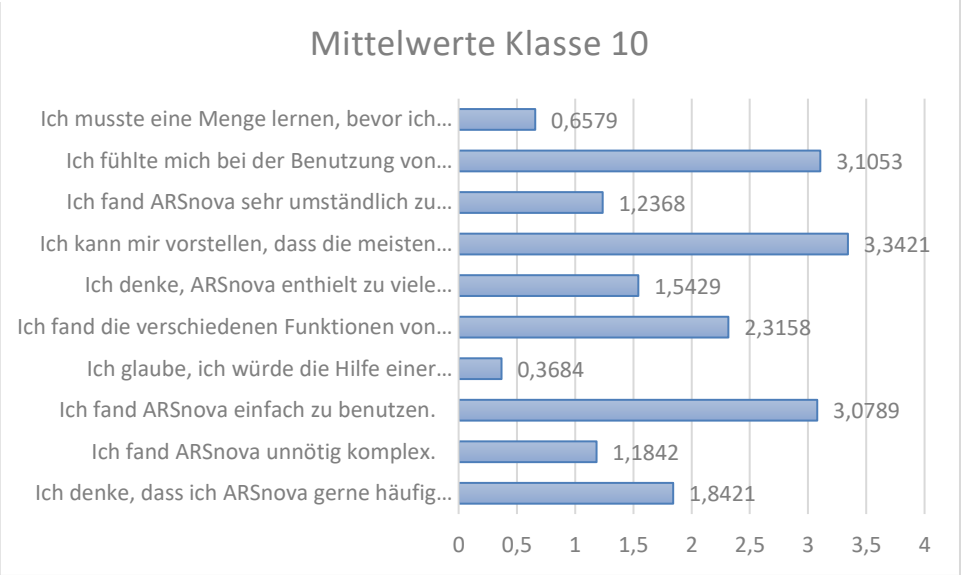
Tabelle 251: Auswertung Fragebogen zur System Usability

	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
System Usability Score	49	27,50	100	88,2143	95,00	15,95893

5.5.2 Auswertung Klasse 10

Betrachtet man zunächst die Mittelwerte der einzelnen Items, so erkennt man, dass die positiv formulierten Items 2, 4, 6, 8 und 10 tendenziell einen höheren Mittelwert erzielen, als die negativ

Tabelle 252: Bedienbarkeit von ARSnova – Mittelwerte Einzelitems Klasse 10



formulierten Items 1, 3, 5, 7, 9. Die Unterschiede sind jedoch nicht so ausgeprägt wie in der Erhebung der 6. Klassen. Die größte Zustimmung erzielt das Item: „Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Schüler den Umgang mit ARSnova sehr schnell erlernen.“. Die größte Ablehnung erhält die Aussage: „Ich glaube ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person (meines Lehrers oder eines Erwachsenen) benötigen, um ARSnova benutzen zu können.“

Innerhalb der 10. Klassen lässt sich insgesamt von 35 Schülerinnen und Schülern eine Punktzahl für die System Usability Score berechnen. Bei fünf Schülerinnen und Schülern ist eine Berechnung aufgrund fehlender Einzelantworten nicht möglich. Die volle Punktzahl von 100 wird von einem Schüler vergeben, vier Schülerinnen und Schüler vergeben eine Punktzahl von 90. Die drei schlechtesten Werte für die System Usability betragen 32,50; 37,50 und 47,50 und werden von jeweils einer Schülerin bzw. einem Schüler vergeben. Insgesamt ergibt sich ein Mittelwert für die System Usability Score von 71,8571 und ein Median von 72,5000.

Tabelle 253: Auswertung System Usability Klasse 10

	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
System Usability Score	35	32,50	100	71,8571	72,5000	16,04615

5.5.3 Auswertung jahrgangsübergreifend

Untersucht man den vermuteten Unterschied in der ermittelten System Usability Score zwischen der 6. und der 10. Klasse mittels Mann-Whitney-U-Test, so zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse die Bedienbarkeit signifikant besser einschätzen als die Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen (siehe Tabelle 254) .

Tabelle 254: Mann-Whitney-U-Test - Vergleich System Usability Klasse 6 und Klasse 10

Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Klasse 6	49	52,96	345,000	-4,686 (r=0,5113)	0,000
Klasse 10	35	27,86			
Gesamtsumme	84				

Berechnet man für beide Stichproben (N= 83) den Mittelwert der erzielten System Usability Score so ergibt sich ein Mittelwert von 81,3988 (siehe Tabelle 255).

Tabelle 255: Auswertung System Usability Klasse 6 und 10

	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
System Usability Score	83	27,50	100	81,3988	87,5000	17,84873

5.5.3.1 Vergleich Schülerinnen – Schüler

Untersucht man für die jahrgangsübergreifende Stichprobe, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen in der Bewertung der System Usability von ARSnova gibt, so zeigt die Tabelle 256, dass die Schülerinnen einen höheren Mittelwert bzw. Median der System Usability Score erzielen als die Schüler. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen in der Einschätzung der Bedienbarkeit ist jedoch nicht signifikant, wie die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 257 zeigt.

Tabelle 256: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler jahrgangsübergreifend

	Geschlecht	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
System Usability Score	weiblich	48	32,50	100,00	82,9688	90,0000	17,11706
	männlich	35	27,50	100,00	79,1429	80,0000	19,06782
	Gesamtsumme	83					

Tabelle 257: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht jahrgangsübergreifend

Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Interventionsgruppe (w)	48	43,89	749,500	-0,841	0,400
Interventionsgruppe (m)	35	39,41			
Gesamtsumme	83				

w: weiblich; m: männlich

5.5.4 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 6

Vergleicht man innerhalb der 6. Klassen die Einschätzung der Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova sowohl durch die Mädchen als auch durch die Jungen, so zeigen sich im Mann-Whitney-U-Test keine signifikanten Unterschiede in den erzielten System Usability Scores bei der Bewertung von ARSnova (siehe Tabelle 260). Die Mädchen der 6. Klassen erzielen einen Mittelwert von 89,0323, die Jungen von 86,8056. Beide Gruppen schätzen die Usability des Student Response Systems ARSnova gemäß Bangor et al. (2008) als exzellent ein.

Tabelle 258: Bedienbarkeit ARSnova – Mittelwertvergleich Einzelitems Mädchen und Jungen Klasse 6

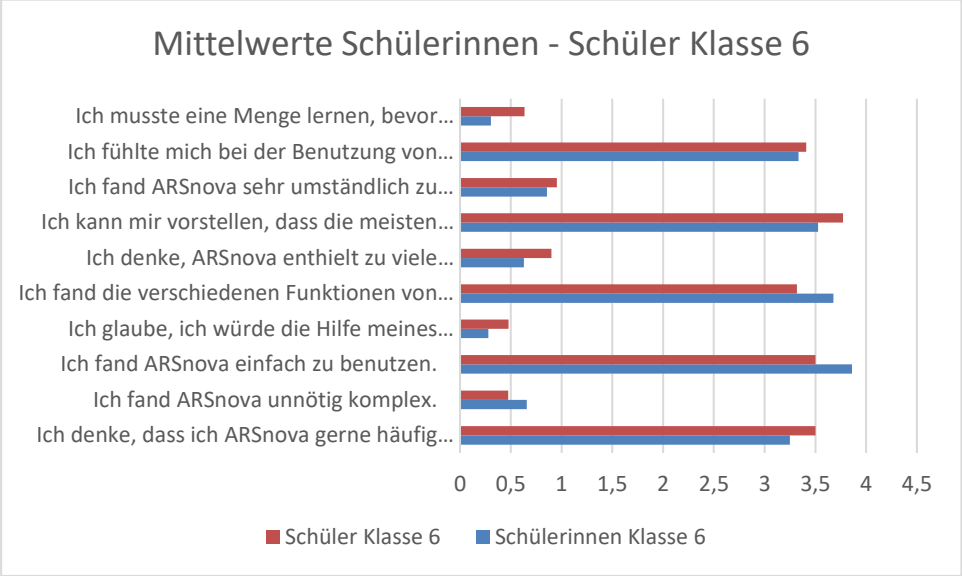


Tabelle 259: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler Klasse 6

Geschlecht	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
weiblich	31	47,50	100,00	89,0323	95,00	14,34221
männlich	18	27,50	100,00	86,8056	95,00	18,78292
Gesamtsumme	49					

Tabelle 260: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht Klasse 6

Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Interventionsgruppe (w)	31	25,21	272,500	-0,139	0,889
Interventionsgruppe (m)	18	24,64			
Gesamtsumme	49				

w: weiblich; m: männlich

5.5.5 Vergleich Schülerinnen - Schüler Klasse 10

Der Vergleich der berechneten System Usability Score der Mädchen und Jungen mittels Mann-Whitney-U-Test, deren Ergebnis in der Tabelle 263 dargestellt ist, zeigt, dass zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Einschätzung der Bedienbarkeit von ARSnova bestehen. Beide Gruppen erzielen nahezu gleiche Mittelwerte. Die Jungen der 10. Klasse, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, erzielen einen Mittelwert von 71,0294, die Mädchen einen Mittelwert von 71,9118. Gemäß Bangor et al. (2008) wird die Bedienbarkeit von ARSnova als gut eingeschätzt.

Tabelle 261: Bedienbarkeit ARSnova – Mittelwertvergleich Einzelitems Mädchen und Jungen Klasse 10

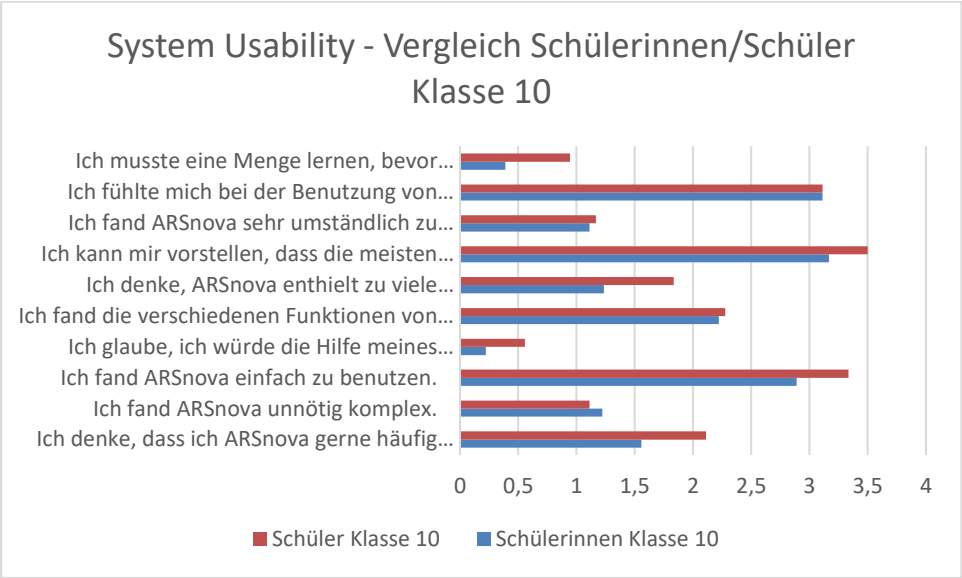


Tabelle 262: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler Klasse 10

Geschlecht	Anzahl N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
weiblich	17	32,50	100,00	71,9118	72,5000	16,54845
männlich	16	37,50	90,00	71,0294	72,5000	18,78292
Gesamtsumme	33					

Tabelle 263: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht Klasse 10

Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Interventionsgruppe (w)	17	17,50	144,500	0,000	1,000 (Exakt: 1,000[b]
Interventionsgruppe (m)	17	17,50			
Gesamtsumme	34				

b: Nicht für Bindungen korrigiert. w: weiblich; m: männlich

5.6 Auswertung der erhobenen Daten zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova

Die Meinung zum Chemieunterricht mit dem Student Response System ARSnova wird durch den selbst entwickelten und in Kapitel 4.5.1 vorgestellten Fragebogen erfasst. Im Zuge der Auswertung werden sowohl die Mittelwerte der einzelnen Items angegeben, als auch der Mittelwert der Gesamtskala berechnet. Hierzu werden zunächst die Antworten der Schüler wie folgt codiert: (0) stimmt nicht; (4) stimmt genau und in das Statistikprogramm SPSS Version 22 übertragen. Für die Berechnung des Mittelwerts der Gesamtskala werden die negativen Items umcodiert.

5.6.1 Auswertung Klasse 6

Betrachtet man die Mittelwerte der 11 einzelnen Items, so erkennt man, dass die negativ formulierten Items wesentlich geringere Mittelwerte (0,8966 und 0,7931) erzielen als die positiv formulierten Items. Am meisten abgelehnt wird mit einem Mittelwert von 0,7931 die Aussage: „Ich bin froh, wenn wir

wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.“ Die meiste Zustimmung erhält die Aussage: „Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir Spaß gemacht.“ mit einem Mittelwert von 3,7586.

Tabelle 264: Deskriptive Auswertung des Fragebogens zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6

Item	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.	58	0,00	4,00	,8966	0,0000	1,32042
Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.	55	0,00	4,00	3,0364	3,0000	1,13796
Das Beantworten der Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.	56	0,00	4,00	2,9643	3,0000	1,30683
Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.	58	0,00	4,00	2,7069	3,0000	1,25668
Der Lehrer sollte auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.	58	0,00	4,00	3,1207	4,0000	1,43976
Das Beantworten von Fragen in ARSvoa hat mir Spaß gemacht.	58	2,00	4,00	3,7586	4,0000	,53999
Durch ARSnova habe ich mehr über das Thema nachgedacht als sonst.	56	0,00	4,00	2,5714	3,0000	1,39944
Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.	58	0,00	4,00	2,4483	3,0000	1,52376
Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.	57	0,00	4,00	2,1053	2,0000	1,31861
Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.	58	0,00	4,00	,7931	0,0000	1,28088
Durch das Einbinden von ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.	57	0,00	4,00	3,4211	4,0000	1,08475

Für eine Stichprobe von 52 Schülerinnen und Schüler lässt sich der Mittelwert der Gesamtskala des Fragebogens berechnen. Der berechnete Mittelwert für die Gesamtskala von 3,0017 (siehe Tabelle 265) zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen insgesamt eine positive Einstellung zum Unterricht mit ARSnova aufweisen. Sie haben bei der Benutzung des Student Response Systems Spaß, was sich in der hohen Zustimmung des entsprechenden Items widerspiegelt. Zudem wird durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova der Unterricht durch die Schüler als abwechslungsreicher wahrgenommen. Die Schüler sind durchaus der Ansicht, dass der Einsatz von ARSnova auch auf andere Fächer ausgeweitet werden sollte und dass der Einsatz des Student Response Systems ARSnova sich positiv auf ihren Lernerfolg ausgewirkt hat. Die entsprechenden Mittelwerte der betreffenden Items liegen durchweg über dem Mittelwert der Gesamtskala.

Tabelle 265: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova

	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung	Cronbachs Alpha
Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	52	0,55	4,00	3,2273	3,0017	,87262	0,898

Insgesamt erzielen 86,5 % der Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs im Gesamttest einen Mittelwert größer als 2 und bewerten daher den Unterricht mit dem Student Response System ARSnova moderat positiv bis positiv.

Tabelle 266: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova – Klasse 6

Erzielter Mittelwert	Häufigkeit	Kumulierte Prozent
0	0	0 %
≤ 1	4	7,7 %
≤ 2	7	13,5 %
≤ 3	21	40,4 %
≤ 4	52	100 %

5.6.2 Auswertung Klasse 10

Betrachtet man die Mittelwerte der 11 Items des Fragebogens zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit dem Student Response Systems ARSnova in Tabelle 267 , so fällt auf, dass die beiden negativ formulierten Items „Ich finden den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.“ und „Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.“ relativ hohe Mittelwerte verglichen mit einigen positiv formulierten Items, wie z.B. „Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.“ erzielen (siehe Tabelle 267).

Tabelle 267: Deskriptive Auswertung des Fragebogens zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 10

Item	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.	38	0,00	4,00	2,2105	2,0000	1,50957
Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.	38	0,00	3,00	1,5263	1,0000	1,03289
Das Beantworten der Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.	38	0,00	4,00	1,7105	1,5000	1,31330
Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.	38	0,00	4,00	1,4474	1,0000	1,15542
Der Lehrer sollte auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.	37	0,00	4,00	1,8378	2,0000	1,42426
Das Beantworten von Fragen in ARSvoa hat mir Spaß gemacht.	38	0,00	4,00	2,6053	3,0000	1,05368
Durch ARSnova habe ich mehr über das Thema nachgedacht als sonst.	38	0,00	4,00	1,7105	2,0000	1,39319
Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.	38	0,00	4,00	1,6053	1,5000	1,15172
Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.	38	0,00	4,00	1,2105	1,0000	1,14273
Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben. (umcodiert)	36	0,00	4,00	2,0278	2,0000	1,44393
Durch das Einbinden von ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.	38	0,00	4,00	2,5000	3,0000	1,24662

Berechnet man für eine Stichprobe von 35 Schülerinnen und Schüler den Mittelwert der Gesamtskala des Fragebogens, so ergibt sich ein Mittelwert von 1,7636 bzw. Median von 1,7273 (siehe Tabelle 268). Ein Mittelwert von 4 würde einer maximalen Zustimmung, ein Mittelwert von 2 einer neutralen Bewertung und ein Mittelwert von 0 einer maximalen Ablehnung des Unterrichts mit ARSnova entsprechen. Es zeigt sich also, dass die Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen dem Unterricht mit

dem Student Response System ARSnova neutral mit leichter Tendenz zur Ablehnung gegenüberstehen, da der ermittelte Mittelwert etwas unter 2 liegt.

Tabelle 268: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 10

	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung	Cronbachs Alpha
Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	35	0,36	3,64	1,7273	1,7636	,97991	0,927

Insgesamt erzielen 57,1 % der Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen im Gesamttest zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova einen Mittelwert kleiner gleich zwei und stehen dem Unterricht mit ARSnova daher neutral bis ablehnend gegenüber (siehe Tabelle 269).

Tabelle 269: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova – Klasse 10

Erzielter Mittelwert	Häufigkeit	Kumulierte Prozent
0	0	0 %
≤ 1	11	31,4 %
≤ 2	20	57,1 %
≤ 3	33	94,3 %
≤ 4	35	100 %

5.6.3 Auswertung jahrgangsübergreifend

Vergleicht man die beiden berechneten Mittelwerte der Gesamtskala zur Ermittlung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova, so ist der berechnete Mittelwert in der 10. Jahrgangsstufe mit 1,7636 deutlich niedriger als der berechnete Mittelwert der 6. Jahrgangsstufe mit 3,0017. Mittels Mann-Whitney-U-Test lässt sich zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen den Unterricht mit ARSnova signifikant besser bewerten als die Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen. Die berechnete Effektstärke deutet auf einen großen Unterschied in der Bewertung des Unterrichts mit ARSnova zwischen den beiden Jahrgangsstufen hin.

Tabelle 270: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6 und Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Klasse 10	35	25,67	268,500	-5,558 (r=0,5959)	<0,001
	Klasse 6	52	56,34			
	Gesamtsumme	87				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Berechnet man für beide Jahrgangsstufen zusammen den Mittelwert der Gesamtskala zur Meinung des Unterrichts mit ARSnova, so ergibt sich ein Mittelwert von 2,5037 bzw. ein Median von 2,8182 (siehe Tabelle 271). Dieser berechnete Mittelwert zeigt, dass jahrgangsübergreifend die Schülerinnen und Schüler dem Unterricht mit dem Student Response System ARSnova neutral bis leicht positiv.

Tabelle 271: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6 + 10

	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung	Cronbachs Alpha
Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	87	0,36	4,00	2,8182	2,5037	1,09730	0,938

Insgesamt erzielen 69,0 % aller Schülerinnen und Schüler im Gesamttest einen Mittelwert größer als 2. Sie stehen dem Unterricht mit ARSnova daher moderat positiv bis positiv gegenüber (siehe Tabelle 272).

Tabelle 272: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova - jahrgangsübergreifend

Erzielter Mittelwert	Häufigkeit	Kumulierte Prozent
0	0	0 %
≤ 1	15	17,2 %
≤ 2	27	31,0 %
≤ 3	54	62,1 %
≤ 4	87	100 %

5.6.4 Vergleich Schülerinnen - Schüler jahrgangsübergreifend

Betrachtet man die Tabelle 273 so wird deutlich, dass die Jungen der gesamten Stichprobe (N=87) im Gesamttest der Meinung zum Unterricht mit ARSnova durchschnittlich einen etwas höheren Mittelwert bzw. Median erzielen als die Schülerinnen. Der durchgeführte Mann-Whitney-U-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied in der Einschätzung der Schüler zum Unterricht mit dem Student Response System ARSnova verglichen mit der Einschätzung der Schülerinnen.

Tabelle 273: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen gesamt

	Gruppe	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung
Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	48	0,45	4,00	2,7286	2,3995	1,09864
	Schüler	38	0,36	4,00	2,8636	2,6224	1,10968
	Gesamtsumme	86					

Tabelle 274: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler gesamt

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	48	41,00	792,000	-1,044	0,296
	Schüler	38	46,66			
	Gesamtsumme	86				

5.6.5 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 6

Um herauszufinden, ob es Unterschiede in der Einschätzung des Unterrichts mit dem Student Response System ARSnova zwischen den Mädchen und den Jungen in den beiden Interventionsgruppen gibt, wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Jungen der 6. Klassen den Unterricht mit dem Student Response System ARSnova signifikant besser bewerten als die Mädchen dieser Jahrgangsstufe.

Tabelle 275: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen Klasse 6

	Gruppe	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung
Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	31	0,55	4,00	3,000	2,8680	0,85016
	Schüler	21	0,82	4,00	3,3636	3,1991	0,88822
	Gesamtsumme	52					

Tabelle 276: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	31	22,58	204,000	-2,270 (r=0,3148)	0,023
	Schüler	21	32,29			
	Gesamtsumme	52				

5.6.6 Vergleich Schülerinnen – Schüler Klasse 10

Im 10. Jahrgang zeigen sich mittels Mann-Whitney-U-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern hinsichtlich der Meinung zum Unterricht mit dem Student Response System ARSnova (siehe Tabelle 278).

abelle 277: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen Klasse 6

	Gruppe	N	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard-abweichung
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	17	0,45	3,64	1,3600	1,5449	0,99443
	Schüler	17	0,36	3,00	2,4545	1,9091	0,93982
	Gesamtsumme	34					

Tabelle 278: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
Meinung zum Unterricht mit ARSnova	Schülerinnen	17	15,38	108,500	-1,244	0,214 Exakt: 0,218[b]
	Schüler	18	19,62			
	Gesamtsumme	34				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

5.7 Auswertung der Leistungstests

Die konzipierten Leistungstests enthalten sowohl im 6. als auch im 10. Jahrgang jeweils 8 Aufgaben. Zur Auswertung dieser werden die Unterschiede zwischen den Leistungen der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests im Prätest, im direkt nach der Unterrichtseinheit durchgeführten Posttest und im acht Wochen nach der Unterrichtseinheit durchgeführten Follow-Up-Test mittels Mann-Whitney-U-Tests erfasst. Um die Entwicklungen innerhalb der einzelnen Gruppen zwischen den Leistungen im Prätest, Posttest und Follow-Up-Test aufzuzeigen, wird als nichtparametrisches Verfahren, die zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann durchgeführt. Um die signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Tests zu ermitteln, werden zudem Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) durchgeführt.

Im Rahmen der Auswertung der Leistungstests sollen auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede untersucht werden. Hierzu werden einmal innerhalb der Gruppe, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, die erzielten Ergebnisse der Mädchen und Jungen miteinander verglichen. Des Weiteren werden auch die Ergebnisse der Mädchen der Kontrollgruppe mit denen der Mädchen der Interventionsgruppe bzw. die Ergebnisse der Jungen der Kontrollgruppe mit denen der Jungen der Interventionsgruppe verglichen.

5.7.1 Auswertung Prätest Klasse 6

Insgesamt zeigt sich, dass sowohl die Kontrollgruppe als auch die Interventionsgruppe wenig Vorwissen zu den Themenkomplexen Löslichkeit, Aggregatzustände und deren Darstellung im Teilchenmodell haben. Bei der ersten Aufgabe erreichen in der Kontrollgruppe nur 1,8 % volle Punktzahl, fünf von sechs Lücken werden von 38,2 % der Schüler korrekt ausgefüllt. Insgesamt 30,9 % der Schülerinnen und Schüler füllen lediglich die Hälfte oder weniger Lücken korrekt mit den passenden Begriffen. In der Interventionsgruppe zeigt sich ein ähnliches Bild, wenngleich die Aufgabe insgesamt etwas besser bearbeitet wird. 5,1 % der Schülerinnen und Schüler erreichen die volle Punktzahl, fünf der sechs Lücken werden von 49,2 % und weniger als die Hälfte von 20,3% der Schülerinnen und Schüler korrekt ausgefüllt.

Bei der zweiten Aufgabe der Zuordnung der Darstellung eines Aggregatzustandes im Teilchenmodell zum jeweiligen Aggregatszustand erreichen in der Kontrollgruppe 25,5 % der Schülerinnen und Schüler volle Punktzahl, 29,1 % der Schülerinnen und Schüler gelingt keine korrekte Zuordnung. In der Interventionsgruppe gelingen 27,1 % der Schülerinnen und Schüler eine vollständig korrekte Zuordnung und 10,2 % der Schüler ordnen keine Darstellung korrekt zu.

Ein korrektes Benennen der Fachbegriffe für den Wechsel von festen zum gasförmigen Aggregatzustand und umgekehrt bzw. die Darstellung dieses Prozesses im Teilchenmodell gelingt sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Interventionsgruppe nicht. Die Aufgabe 3 wird in der Kontrollgruppe von 98,2 % und in der Interventionsgruppe von 98,3 % der Schülerinnen und Schüler komplett falsch bearbeitet.

Die Aufgabe 4 thematisiert ein Experiment, dass die Schüler so noch nicht aus dem Unterricht kennen und das in ähnlicher Form einen Teil der kommenden Unterrichtsreihe darstellt, um das Teilchenmodell einzuführen. Im ersten Teil der Aufgabe sollen die Schüler anhand zweier Abbildungen

(siehe Kapitel 4.6.1) die beiden wesentlichen Beobachtungen zum Experiment notieren. In der Kontrollgruppe gelingt es 61,8 % der Schülerinnen und Schüler die wesentliche Beobachtung zum 1. Bild und 47,3 % die wesentliche Beobachtung zum 2. Bild zu erfassen. Ein ähnlicher Bearbeitungserfolg zeigt sich in der Interventionsgruppe, hier können 59,3% der Schülerinnen und Schüler die korrekte Beobachtung zu Bild eins und 54,2 % die korrekte Beobachtung zu Bild 2 angeben.

Im zweiten Teil der Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler auf Teilchenebene erklären, warum der blaue Farbstoff durch die Folie gelangt. Eine genaue Erklärung gelingt keinem Lernendem. In der Kontrollgruppe bearbeiten 70,9 % der Schülerinnen und Schüler diesen Aufgabenteil gar nicht und 27,3 % haben falsche Erklärungsansätze. In der Interventionsgruppe zeigt sich das gleiche Bild. 69,5 % der Lernenden geben keine Erklärungsversuche ab und bei 27,1 % der Schülerinnen und Schüler sind diese völlig falsch. Lediglich je einer Person in beiden Lerngruppen gelingt eine ansatzweise korrekte Erklärung.

Die Aufgabe 5 als Multiple Choice Aufgabe thematisiert in den drei Aufgabenteilen die Löslichkeit von Kaliumnitrat in Wasser beim Erwärmen. In Aufgabeteil c) wird der Lösungsvorgang auf Teilchenebene thematisiert. Die Schülerinnen und Schüler der Kontroll- und die der Interventionsgruppe weisen hier beide wenig Vorwissen auf. Es gelingt keinem Lernenden lediglich die korrekten Aussagen anzukreuzen und somit volle Punktzahl zu erreichen. In der Kontrollgruppe erzielen 90,9 % der Schüler und in der Interventionsgruppe 89,8 % der Schüler weniger als die Hälfte der Punktzahl.

Die Aufgabe 6 behandelt die unterschiedliche Löslichkeit von festem Iod im lipophilem Lösungsmittel Benzin und im hydrophilem Lösungsmittel Wasser. Ausgehend von zwei Bildern, die ein Benzin-Wasser-Gemisch einmal vor und einmal nach der Zugabe von etwas festem Iod zeigen, sollen die Lernenden zunächst die beiden Bilder des Experimentes beschreiben, den Prozess anhand von vorgegebenen Fachbegriffen (lipohil, hydrophil, Löslichkeit und Lösungsmittel) deuten und im Anschluss auf Teilchenebene darstellen. Diese Aufgabe ist sehr komplex und wird daher im Prätest von Keinem vollständig gelöst. In der Kontrollgruppe gelingt es lediglich einem Lernenden die Hälfte der Punktzahl zu erreichen. 30,9 % der Kontrollgruppe erreichen keine Punkte, 36,4 % lediglich einen Punkt. Die Bearbeitung der Aufgabe 6 durch die Lernenden der Interventionsgruppe erfolgt im Vergleich zur Kontrollgruppe noch lückenhafter. Hier erzielen alle Schülerinnen und Schüler weniger als die Hälfte der Punktzahl. 61,0 % der Schüler erreichen gar keine Punkte und 16,9 % lediglich einen Punkt.

Betrachtet man die Bearbeitung der einzelnen Teilaufgaben, so gelingt es immerhin 29,1% der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe die beiden Bilder korrekt zu beschreiben, 41,8% beschreiben die Bilder teilweise korrekt bzw. unvollständig. In der Interventionsgruppe zeigt sich ein deutlich anderes Bild, so gelingt es lediglich 22,0 % der Schülerinnen und Schüler die beiden Bilder korrekt zu beschreiben, 20,3% fertigen eine teilweise korrekte bzw. unvollständige Beschreibung an.

Die Deutung des Experimentes unter Verwendung der vorgegebenen Fachbegriffe gelingt keinem Schüler der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe korrekt. Lediglich ein Schüler der Kontrollgruppe verwendet den Begriff Lösungsmittel im richtigen Kontext und bekommt daher einen Punkt für diesen Aufgabenteil.

Eine korrekte Darstellung des Benzin-Wasser-Gemisches und des Benzin-Wasser-Iod-Gemisches auf Teilchenebene gelingt keinem Schüler. Von den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe schafft eine Person (1,8 %) das erste Bild korrekt auf Teilchenebene darzustellen und 3,6% fertigen eine teilweise korrekte Darstellung an. Das zweite Bild wird lediglich von 3,6 % der Kontrollgruppe teilweise korrekt angefertigt. Von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe schaffen immerhin 10,2 % eine teilweise korrekte Darstellung des 1. Bildes und 3,4 % eine teilweise korrekte Darstellung des 2. Bildes.

Die 7. Aufgabe thematisiert die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von verschiedenen Salzen und ist im Multiple-Choice-Format konzipiert. Sowohl die Kontrollgruppe als auch die Interventionsgruppe weisen wenig Vorwissen in diesem Bereich auf. In der Interventionsgruppe gelingt es keinem Lernenden die volle Punktzahl zu erreichen. Dagegen bearbeiten 71,2 % der Schülerinnen und Schüler die Aufgabe vollständig falsch. In der Kontrollgruppe gelingt es zwei Schülerinnen und Schülern (3,6%) die volle Punktzahl zu erreichen. 50,9% der Schülerinnen und Schüler erreichen keine Punkte.

In der Aufgabe 8 sollen die Schülerinnen und Schüler erklären, warum Fische, die in einem Aquarium, das in der Sonne steht, ersticken können. Dies gelingt in der Interventionsgruppe etwas besser als in der Kontrollgruppe. So erreichen immerhin 30,5 % eine teilweise korrekte Lösung und ein Schüler (1,7 %) bearbeitet die Aufgabe vollständig korrekt. In der Kontrollgruppe gelingt keiner Person eine vollständig korrekte Lösung und auch nur 7,3 % der Schülerinnen und Schüler können eine teilweise korrekte Lösung angeben.

Untersucht man beide Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test hinsichtlich vermuteter Unterschiede, so zeigt sich, dass die beiden Gruppen weitestgehend gleiches Vorwissen zu den einzelnen Themenkomplexen aufweisen und somit voraussetzungsgleich sind (siehe Tabelle 279).

Tabelle 279: Mann-Whitney-U-Test - Leistungstest Prätest Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	52,62	1354,000	-1,610	0,107
	Interventionsgruppe	59	62,05			
	Gesamtsumme	114				
A2PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	52,50	1347,500	-1,622	0,105
	Interventionsgruppe	59	62,16			
	Gesamtsumme	114				
A3PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	57,54	1620,500	-0,50	0,960
	Interventionsgruppe	59	57,54			
	Gesamtsumme	114				
A4PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	55,80	1529,000	-0,585	0,559
	Interventionsgruppe	59	59,08			
	Gesamtsumme	114				
A5PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	57,89	1601,000	-0,131	0,896
	Interventionsgruppe	59	57,14			
	Gesamtsumme	114				
A6PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	65,10	1204,500	-2,538	0,011
	Interventionsgruppe	59	50,42			
	Gesamtsumme	114				
A7PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	64,05	1262,500	-2,354	0,019
	Interventionsgruppe	59	51,40			
	Gesamtsumme	114				

A8PunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	50,11	1216,000	-3,313	0,001
	Interventionsgruppe	59	64,39			
	Gesamtsumme	114				
PunkteTeilchenPre[18]	Kontrollgruppe	55	52,82	1366,500	-1,489	0,136
	Interventionsgruppe	59	61,84			
	Gesamtsumme	114				
GesamtpunktzahlPre	Kontrollgruppe	55	56,19	1550,500	-0,411	0,681
	Interventionsgruppe	59	58,72			
	Gesamtsumme	114				

Signifikante Unterschiede hinsichtlich der erreichten Punktzahl in den einzelnen Aufgaben bestehen in der Bearbeitung der Aufgaben 6, 7 und 8.[19] Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe erzielen bei der Bearbeitung der Aufgaben 6 und 7 signifikant höhere Punktzahlen als die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe. Während die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe die Aufgabe 8 signifikant besser bearbeiten.

5.7.2 Auswertung Posttest und Follow-Up-Test Klasse 6

Insgesamt zeigt sich, dass beide Gruppen in den einzelnen Aufgaben deutlich mehr Punkte erreichen als in dem Prätest vor Beginn der Unterrichtseinheit. Wertet man die Lösung der einzelnen Aufgaben deskriptiv aus, so zeigt sich, dass in der Interventionsgruppe 18,6 % der Schülerinnen und Schüler die Aufgabe 1 vollständig korrekt bearbeiten und 45,8 % der Schülerinnen und Schüler lediglich eine Lücke fehlerhaft ausfüllen. In der Kontrollgruppe bearbeiten sogar 29,1 % der Schülerinnen und Schüler die Aufgabe 1 vollständig korrekt und 49,1 % haben lediglich einen fehlerhaften bzw. fehlenden Eintrag. In der Interventionsgruppe erreichen alle Schülerinnen und Schüler die Hälfte oder mehr Punkte in der Kontrollgruppe sind es 98,2 % der Schülerinnen und Schüler. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 2 gelingt es in der Interventionsgruppe 76,3 % der Schülerinnen und Schüler die Aufgabe vollständig korrekt zu lösen. In der Kontrollgruppe sind es dagegen nur 39,0 %. Im Gegensatz zur Interventionsgruppe, wo keine Schülerin bzw. kein Schüler die Aufgabe völlig falsch löst, erhalten in der Kontrollgruppe 8 Schülerinnen und Schüler (14,5 %) keine Punkte.

Die Bearbeitung der Aufgabe 3 gelingt 28,8 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe mit voller Punktzahl, 16,9 % der Schülerinnen und Schüler erhalten für ihre Bearbeitung keine Punkte. In der Kontrollgruppe fällt die Bearbeitung schlechter aus. Hier erreichen lediglich 20,0 % der

[18] Der Aufgabenkomplex „Teilchen“ fasst die erreichten Punktzahlen der Aufgaben 2, 3b, 4b, 5c und 6c zusammen. Diese Aufgaben(-teile) weisen einen besonderen Bezug zur Darstellung, Beschreibung und Interpretation von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene auf. So müssen beispielsweise in der Aufgabe 2 Darstellungen auf Teilchenebene einem Aggregatzustand zugeordnet werden oder in Aufgabenteil 6c ein Gemisch von Benzin und Wasser bzw. ein Benzin-Wasser-Iod-Gemisch auf Teilchenebene zeichnerisch dargestellt werden.

[19] Der signifikante Unterschied im Vorwissen zur Löslichkeit von Gasen und deren Anwendung auf die Fischatmung (Aufgabe 8) kann damit erklärt werden, dass eine Klasse der Interventionsgruppe parallel zum Chemieunterricht epochalen Biologieunterricht hatte und in diesem kurz vorher die Fischatmung durchgenommen wurde. Diese Gruppe verfügt damit über deutlich mehr Vorwissen zu diesem Themenkomplex als die Klassen der Kontrollgruppe, die erst im 2. Halbjahr am Biologieunterricht teilnehmen.

Schülerinnen und Schüler volle Punktzahl. Dagegen wird die Aufgabe von 43,6 % der Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe gar nicht oder komplett fehlerhaft bearbeitet.

Die Bearbeitung der Aufgabe 4 gelingt 27,1 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe mit einer vollständig korrekten Lösung. In der Kontrollgruppe sind es 21,8 %. Vollständig fehlerhaft oder gar nicht bearbeitet wird die Aufgabe von einer Schülerin bzw. einem Schüler der Interventionsgruppe (1,7 %) und 5 Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe (9,1 %).

Die Bearbeitung der Aufgabe 5 gelingt in der Interventionsgruppe weniger. Hier erreichen lediglich drei Schülerinnen und Schüler die volle Punktzahl von fünf Punkten (5,1 %). 35 Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe 59,3 % erreichen einen Punkt oder weniger. In der Kontrollgruppe erhalten 49,1 % der Schülerinnen und Schüler einen Punkt oder weniger und lediglich ein Schüler (1,8 %) der Kontrollgruppe erhält die volle Punktzahl.[20]

Bei der sehr komplexen Aufgabe 6 erreichen in der Interventionsgruppe 57,6 % der Schülerinnen und Schüler die Hälfte oder mehr Punkte. Lediglich eine Schülerin bzw. ein Schüler erzielen 8, 9 und die volle Punktzahl von 10 Punkten. In der Kontrollgruppe ist der Anteil der der Schülerinnen und Schüler, die die Hälfte oder mehr Punkte erreichen mit 56,4 % nahezu gleich groß. Volle 10 Punkte erhält ebenfalls ein Schüler, 9 Punkte werden von keinem Schüler erreicht und 8 Punkte erzielen 4 Schülerinnen und Schüler (7,3 %).

Die Bearbeitung der Aufgabe 7 gelingt in der Interventionsgruppe 11,9 % der Schülerinnen und Schüler mit voller Punktzahl. In der Kontrollgruppe sind es 18,2 %. Keine Punkte erreichen in der Kontrollgruppe 27,3 % und in der Interventionsgruppe sind es 45,8 %.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 erzielen in der Kontrollgruppe 63,6 % der Schülerinnen und Schüler keine Punkte. In der Interventionsgruppe sind es dagegen nur 25,4 %. Volle Punktzahl erreichen in der Kontrollgruppe 5,5 % der Schülerinnen und Schüler. In der Interventionsgruppe sind es 5,1 %.

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests lässt sich zeigen, dass es zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe teilweise signifikante Unterschiede in den Lösungen der einzelnen Aufgaben gibt (siehe Tabelle 280). Insgesamt erreichen die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden eine höhere Gesamtpunktzahl im Posttest. Der Unterschied ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,098 > 0,05$ knapp nicht signifikant. Betrachtet man die Tabelle 276 so fällt auf, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test mit Ausnahme der Bearbeitung der Aufgaben 1, 5 und 7 einen höheren mittleren Rang erzielen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Signifikante besser als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe werden die Aufgaben 2, 3 und 8 von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe bearbeitet. Die signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgaben 2 und 3 waren so im Prätest nicht messbar. Der im Prätest gemessene signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 8 hat sich im Posttest manifestiert. Die ebenfalls im Prätest vorhandenen signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgaben 6 und 7 zugunsten der Kontrollgruppe sind im Posttest

[20] Der etwas schlechtere Ausfall dieser Aufgabe lässt sich damit erklären, dass bei der Auswertung der Aufgabe 5 fehlerhaft angekreuzte Aussagen mit Punktabzug gewertet wurden.

nicht mehr nachweisbar. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 6 erzielt die Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test nun sogar einen höheren mittleren Rang als die Kontrollgruppe.

Auffällig ist zudem, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, im Aufgabenkomplex „Teilchen“ im Posttest signifikant höhere Punktzahlen erzielen als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Hier scheint sich der Einsatz der Inhalte des Student Response Systems ARSnova positiv auf das Verständnis der Darstellung, Beschreibung und Erklärung von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene auszuwirken.

Tabelle 280: Mann-Whitney-U-Test - Leistungstest Posttest Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	63,10	1314,500	-1,876	0,061
	Interventionsgruppe	59	52,28			
	Gesamtsumme	114				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	45,50	962,500	-4,243 (r=0,3974)	<0,001
	Interventionsgruppe	59	68,69			
	Gesamtsumme	114				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	50,28	1225,500	-2,329 (r=0,2181)	0,020
	Interventionsgruppe	59	64,23			
	Gesamtsumme	114				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	53,46	1400,500	-1,306	0,192
	Interventionsgruppe	59	61,26			
	Gesamtsumme	114				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	61,41	1407,500	-1,260	0,208
	Interventionsgruppe	59	53,86			
	Gesamtsumme	114				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	54,43	1453,500	-0,971	0,332
	Interventionsgruppe	59	60,36			
	Gesamtsumme	114				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	61,45	1405,000	-1,287	0,198
	Interventionsgruppe	59	53,81			
	Gesamtsumme	114				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	55	46,88	1038,500	-3,741 (r=0,3504)	<0,001
	Interventionsgruppe	59	67,40			
	Gesamtsumme	114				
PunkteTeilchenPost	Kontrollgruppe	55	45,64	970,000	-3,725 (r=0,3489)	<0,001
	Interventionsgruppe	59	68,56			
	Gesamtsumme	114				
Gesamtpunktzahl-Post	Kontrollgruppe	55	52,12	1326,500	-1,682	0,093
	Interventionsgruppe	59	62,52			
	Gesamtsumme	114				

Vergleicht man die acht Wochen nach dem Posttest im Follow-Up-Test erzielten Leistungen der Schülerinnen und Schüler der beiden Gruppen der 6. Klasse in der Bearbeitung des Leistungstests miteinander, so zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests in Tabelle 281, dass weiterhin signifikante Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben, dem Aufgabenkomplex „Teilchen“ und der Gesamtpunktzahl bestehen. Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, erzielen im Mann-Whitney-U-Test mit Ausnahme der Bearbeitung der Aufgabe 1 deutlich höhere mittlere Ränge als die Schülerinnen und

Schüler der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 281). Die mittleren Ränge in den bearbeiteten Aufgaben 5 und 7 sind nahezu identisch (siehe Tabelle 281).

Die Annahmen des Teilchenmodells, die in Aufgabe 1 in Form eines Lückentextes thematisiert werden, werden wie schon im Posttest von der Kontrollgruppe etwas besser wiedergegeben, wenngleich der Unterschied zwischen beiden Gruppen mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,088 > 0,05 knapp nicht signifikant ist und daher nur vermutet werden kann.

Die Zuordnung der Aggregatzustände zur entsprechenden Darstellung im Teilchenmodell in Aufgabe 2 gelingt den Schülerinnen und Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden signifikant besser (siehe Tabelle 281) als den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Ebenso wird von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe die Aufgabe 3 signifikant besser bearbeitet als von den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Der noch im Prä- und im Posttest vorhandene signifikante Unterschied in der erreichten Punktzahl bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 ist nach 8 Wochen dagegen nicht mehr messbar. Auch in der Bearbeitung der anderen Aufgaben gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Dagegen hat sich in der erreichten Gesamtpunktzahl ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Lerngruppen herausgebildet. Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, erzielen eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl im Follow-Up-Test als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet werden (siehe Tabelle 281). Auch in den Aufgaben bzw. Aufgabenteilen, die eine Anwendung des Teilchenmodells bzw. eine Darstellung von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene erfordern, werden von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe wie im Posttest signifikant besser bearbeitet, als von den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe (Siehe Tabelle 281).

Tabelle 281: Mann-Whitney-U-Test - Follow Up Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	61,51	1298,000	-1,704	0,088
	Interventionsgruppe	59	52,00			
	Gesamtsumme	112				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	46,11	1013,000	-3,665 (r=0,3463)	<0,001
	Interventionsgruppe	59	65,83			
	Gesamtsumme	112				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	43,67	883,000	-4,195 (r=0,3964)	<0,001
	Interventionsgruppe	59	68,03			
	Gesamtsumme	112				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	52,12	1331,500	-1,419	0,156
	Interventionsgruppe	59	60,43			
	Gesamtsumme	112				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	56,58	1559,500	-0,024	0,981
	Interventionsgruppe	59	56,43			
	Gesamtsumme	112				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	52,82	1368,500	-1,145	0,252
	Interventionsgruppe	59	59,81			
	Gesamtsumme	112				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	56,35	1555,000	-0,051	0,959
	Interventionsgruppe	59	56,64			
	Gesamtsumme	112				

A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	53	51,97	1276,500	-1,902	0,114
	Interventionsgruppe	59	60,57			
	Gesamtsumme	112				
PunkteTeilchenFUP	Kontrollgruppe	53	45,94	1073,500	-2,873 (r=0,2715)	0,001
	Interventionsgruppe	59	65,98			
	Gesamtsumme	112				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	53	47,97	1111,500	-2,641 (r=0,2496)	0,008
	Interventionsgruppe	59	64,16			
	Gesamtsumme	112				

Vergleicht man mittels zweifaktorieller Varianzanalyse nach Friedmann, die Entwicklungen der erzielten Leistungen der beiden Gruppen zwischen den drei Testzeitpunkten (Prä-/Post- und Follow-Up-Test) des Leistungstests mittels paarweiser Vergleiche, so stellt man zwischen beiden Gruppen in vielen Aufgaben ähnliche Entwicklungen fest. Die untenstehende Tabelle zeigt die mittels Friedmann-Tests ermittelten mittleren Ränge der Testergebnisse der beiden Gruppen bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu den drei Testzeitpunkten. Die Signifikanzen zwischen den einzelnen Testzeitpunkten wurden mittels Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) in SPSS Ver.22 durch paarweise Vergleiche ermittelt.

Bei Betrachtung der Tabelle 282 wird deutlich, dass sowohl die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe, als auch die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Posttest und im Follow-Up-Test einen wesentlich höheren mittleren Rang in den einzelnen Aufgaben, dem Aufgabenkomplex „Teilchen“ und der Gesamtpunktzahl erzielen als im Prätest. Auffällig ist, dass der mittlere Rang im Follow-Up-Test häufig etwas größer ist als der mittlere Rang der Posttestergebnisse. Wenngleich mit Ausnahme einer signifikanten Steigerung der Leistung der Interventionsgruppe in der Bearbeitung der Aufgabe 3 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungen im Posttest und denen im Follow-Up-Test vorliegen.

Betrachtet man die Entwicklungen der Bearbeitungen der Aufgabe 1 in beiden Gruppen, so stellt man fest, dass sowohl zwischen Prätest und Posttest, als auch zwischen Prätest und Follow-Up-Test signifikante Steigerungen in der Bearbeitung vorliegen. Die positive Entwicklung ist bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe etwas stärker als bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe.

Deutlicher ist der Unterschied in der Entwicklung der Lösungen der Aufgabe 2. Hier weisen die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, eine deutlich höheren Wissenszuwachs auf als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Auffällig ist, dass es den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe nicht gelingt die Aufgabe im Posttest signifikant besser zu bearbeiten als im Prätest.

Ähnliche Entwicklungen im Leistungszuwachs zeigen beide Gruppen in der Bearbeitung der Aufgaben 3, 4 und 6. Diese werden im Post- und im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeite als im Prätest. Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe zeigen bei der Bearbeitung der Multiple-Choice-Aufgabe (Aufgabe 5) im Posttest und im Follow-Up-Test signifikant bessere Leistungen verglichen mit der Bearbeitung der Aufgabe im Prätest. Den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe gelingen dagegen keine signifikanten Steigerungen zum Prätest. Höhere Leistungszuwächse von Prä- zu Posttest zeigen diese dagegen bei den Bearbeitungen der Aufgaben 7 und 8. Diese werden im

Posttest signifikant besser bearbeitet als im Prätest. Diese Tendenz ist bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe dagegen nicht feststellbar. Im Posttest gelingt diesen keine signifikant bessere Bearbeitung dieser beiden Aufgaben. Im Follow-Up-Test zeigen sich dann in beiden Gruppen signifikant bessere Lösungen der beiden Aufgaben verglichen mit den Leistungen im Prätest.

Die Entwicklungen der erreichten Punktzahlen der Aufgaben und Aufgabenteile, die besonderen Bezug zur Darstellung, Beschreibung und Erläuterung von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene herstellen, werden von beiden Gruppen im Post- und im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeitet als im Prätest. Gleiches gilt auch für die Entwicklungen der erzielten Gesamtpunktzahl des Leitungstests. So gelingt beiden Gruppen im Post und im Follow-Up-Test eine signifikant bessere Bearbeitung des Leistungstests als im Prätest.

Insgesamt zeigt die Auswertung mit dem Friedmann-Test und der durchgeführten paarweisen Vergleiche, dass der Leistungszuwachs bei beiden Gruppen ähnlich verläuft. Unterschiede sind wie bereits vorher beschrieben wurde, lediglich in der Entwicklung der Lösungen einzelner Teilaufgaben zu finden. Diese fallen aber nicht einheitlich zugunsten einer Gruppe aus.

Tabelle 282: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich der mittleren Ränge[21]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Kontrollgruppe (N=53)	1,43 Post**/ Follow Up**	2,27 Prä**/Follow Up	2,29 Prä**/Post
	Interventionsgruppe (N=59)	1,69 Post*/ Follow Up*	2,13 Prä*/Follow Up	2,19 Prä*/Post
Aufgabe 2	Kontrollgruppe	1,68 Post/Follow Up*	2,09 Prä/Follow UP	2,23 Prä*/Post
	Interventionsgruppe	1,46 Post**/Follow Up**	2,30 Prä**/Follow UP	2,25 Prä**/Post
Aufgabe 3	Kontrollgruppe	1,34 Post**/Follow Up**	2,25 Prä**/Follow UP	2,42 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,12 Post**/Follow Up**	2,21 Prä**/Follow UP*	2,67 Prä**/Post*
Aufgabe 4	Kontrollgruppe	1,25 Post**/Follow Up**	2,32 Prä**/Follow UP	2,42 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,19 Post**/Follow Up**	2,28 Prä**/Follow UP	2,53 Prä**/Post
Aufgabe 5	Kontrollgruppe	1,61 Post**/Follow Up*	2,26 Prä**/Follow UP	2,12 Prä*/Post
	Interventionsgruppe	1,70 Post/Follow Up	2,12 Prä/Follow UP	2,18 Prä/Post
Aufgabe 6	Kontrollgruppe	1,22 Post**/Follow Up**	2,41 Prä**/Follow UP	2,38 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,08 Post**/Follow Up**	2,40 Prä**/Follow UP	2,53 Prä**/Post
Aufgabe 7	Kontrollgruppe	1,65 Post/Follow Up**	2,11 Prä/Follow UP	2,24 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,51 Post**/Follow Up**	2,05 Prä**/Follow UP	2,44 Prä**/Post
Aufgabe 8	Kontrollgruppe	1,68 Post/Follow Up*	2,14 Prä/Follow UP	2,18 Prä*/Post
	Interventionsgruppe	1,63 Post**/Follow Up**	2,30 Prä**/Follow UP	2,08 Prä**/Post

[21] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

PunkteTeilchen	Kontrollgruppe	1,11 Post**/Follow Up**	2,43 Prä**/Follow UP	2,45 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,03 Post**/Follow Up**	2,53 Prä**/Follow UP	2,44 Prä**/Post
Gesamtpunktzahl	Kontrollgruppe	1,06 Post**/Follow Up**	2,41 Prä**/Follow UP	2,54 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,32 Prä**/Follow UP	2,68 Prä**/Post

5.7.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede in Klasse 6

5.7.3.1 **Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe**

Die Gruppe, die mit dem Student Response Systems ARSnova unterrichtet wurde, besteht in Klasse 6 aus insgesamt 59 Schülerinnen und Schülern. Insgesamt befinden sich in der Gruppe 23 Jungen und 36 Mädchen. Vergleicht man die Leistungen der Mädchen mit denen der Jungen im Prätest, so lassen sich mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben des Leistungstests, sowie in der Gesamtpunktzahl ermitteln. Auch in der Punktzahl der Teilaufgaben, die einen besonderen Bezug zur Darstellung und Beschreibung von Prozessen auf Teilchenebne erfordern (PunkteTeilchenPrä), zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 279).

Tabelle 283: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	30,61	392,000	-0,368	0,713
	Schüler	23	29,04			
	Gesamtsumme	59				
A2PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	29,10	381,500	-0,530	0,596
	Schüler	23	31,41			
	Gesamtsumme	59				
A3PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	30,32	402,500	-0,799	0,424
	Schüler	23	29,50			
	Gesamtsumme	59				
A4PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	30,83	384,000	-0,523	0,601
	Schüler	23	28,70			
	Gesamtsumme	59				
A5PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	29,79	406,500	-0,125	0,900
	Schüler	23	30,33			
	Gesamtsumme	59				
A6PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	30,85	383,500	-0,542	0,588
	Schüler	23	28,67			
	Gesamtsumme	59				
A7PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	29,94	412,000	-0,039	0,969
	Schüler	23	30,09			
	Gesamtsumme	59				
A8PunktzahlPrä	Schülerinnen	36	29,63	400,500	-0,258	0,798
	Schüler	23	30,59			
	Gesamtsumme	59				
PunkteTeilchenPrä	Schülerinnen	36	29,26	387,500	-0,424	0,671
	Schüler	23	31,15			
	Gesamtsumme	59				
Gesamtpunktzahl-Prä	Schülerinnen	36	30,64	391,000	-0,360	0,718
	Schüler	23	29,00			
	Gesamtsumme	59				

Führt man den Mann-Whitney-U-Test nach der durchgeführten Unterrichtseinheit mit dem Student Response System ARSnova erneut durch, so zeigen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und den Jungen in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben, dem Aufgabenkomplex „Teilchen“ und der erreichten Gesamtpunktzahl (siehe Tabelle 284).

Tabelle 284: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Schülerinnen	36	29,33	390,000	-0,398	0,690
	Schüler	23	31,04			
	Gesamtsumme	59				
A2PunktzahlPost	Schülerinnen	36	31,36	365,000	-1,025	0,305
	Schüler	23	27,87			
	Gesamtsumme	59				
A3PunktzahlPost	Schülerinnen	36	30,15	408,500	-0,089	0,929
	Schüler	23	29,76			
	Gesamtsumme	59				
A4PunktzahlPost	Schülerinnen	36	29,43	393,500	-0,333	0,739
	Schüler	23	30,89			
	Gesamtsumme	59				
A5PunktzahlPost	Schülerinnen	36	30,28	404,000	-0,161	0,872
	Schüler	23	29,57			
	Gesamtsumme	59				
A6PunktzahlPost	Schülerinnen	36	31,71	352,500	-0,969	0,333
	Schüler	23	27,33			
	Gesamtsumme	59				
A7PunktzahlPost	Schülerinnen	36	29,96	412,500	-0,025	0,980
	Schüler	23	30,07			
	Gesamtsumme	59				
A8PunktzahlPost	Schülerinnen	36	28,83	372,000	-0,811	0,417
	Schüler	23	31,83			
	Gesamtsumme	59				
PunkteTeilchenPost	Schülerinnen	36	30,81	385,000	-0,457	0,648
	Schüler	23	28,74			
	Gesamtsumme	59				
Gesamtpunktzahl-Post	Schülerinnen	36	30,33	402,000	-0,187	0,852
	Schüler	23	29,48			
	Gesamtsumme	59				

Im 8 Wochen später durchgeführten Follow-Up-Test zeigen sich mit Ausnahme der erzielten Punktzahlen in den Aufgaben 7 und 8 ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungen der Mädchen und der Jungen. Die Aufgabe 7 wird im Follow-Up-Test von den Schülerinnen und die Aufgabe 8 von den Schülern signifikant besser bearbeitet. Insgesamt weisen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests darauf hin, dass der Unterricht mit dem Student Response Systems ARSnova sich gleichermaßen auf die Leistung von Mädchen und Jungen auswirkt.

Tabelle 285: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Vergleich Schülerinnen/Schüler Interventionsgruppe Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	28,65	365,500	-0,865	0,387
	Schüler	23	32,11			
	Gesamtsumme	59				
A2PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	29,38	391,500	-0,459	0,646
	Schüler	23	30,98			
	Gesamtsumme	59				
A3PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	31,71	352,500	-1,087	0,277
	Schüler	23	27,33			
	Gesamtsumme	59				
A4PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	30,81	385,000	-0,482	0,630
	Schüler	23	28,74			
	Gesamtsumme	59				
A5PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	31,63	355,500	-0,934	0,350
	Schüler	23	27,46			
	Gesamtsumme	59				
A6PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	31,83	348,000	-1,037	0,300
	Schüler	23	27,13			
	Gesamtsumme	59				
A7PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	33,71	280,500	-2,159 (r=0,2811)	0,031
	Schüler	23	24,20			
	Gesamtsumme	59				
A8PunktzahlFUP	Schülerinnen	36	26,81	299,000	-2,105 (r=0,2740)	0,035
	Schüler	23	35,00			
	Gesamtsumme	59				
PunkteteilchenFUP	Schülerinnen	36	31,83	348,000	-1,035	0,300
	Schüler	23	27,13			
	Gesamtsumme	59				
Gesamtpunktzahl-FUP	Schülerinnen	36	31,97	343,000	-1,109	0,267
	Schüler	23	26,91			
	Gesamtsumme	59				

Um die Entwicklung der Leistungen der Mädchen und Jungen zwischen Prätest, Posttest und Follow-Up-Test zu erfassen, wurde, wie bereits beschrieben, die zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann mit Post-hoc-Tests durchgeführt. Betrachtet man die Tabelle 286 so lässt sich feststellen, dass der mittlere Rang der Aufgaben im Posttest in beiden Gruppen deutlich größer ist als im Prätest. Mit Ausnahme der Bearbeitungen der Aufgaben 1, 5 und 7 unterscheiden sich die Ergebnisse im Postest in beiden Gruppen signifikant von den Ergebnissen im Prätest. Insgesamt unterscheiden sich die Tendenzen der Jungen und Mädchen zwischen den Ergebnissen im Prätest und Posttest nicht wesentlich. So ist beispielsweise die Entwicklung der Punktzahlen der Mädchen bei der Bearbeitung der Aufgabe 2 etwas größer als bei den Jungen. Demgegenüber ist die Entwicklung der Punktzahlen bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 bei den Jungen etwas größer als bei den Mädchen. Auffällig ist zudem, dass der mittlere Rang im Follow-Up-Test bei einigen Aufgaben sowohl bei den Mädchen, als

auch bei den Jungen größer ist als im Posttest.[22] So bearbeiten die Mädchen die Aufgabe 7 im Follow-Up-test sogar signifikant besser als im Posttest.

Sowohl bei der Bearbeitung der Aufgabe 1, als auch bei der Bearbeitung der Aufgaben 5,7 und 8 lassen sich im Follow-Up-Test bei den Jungen keine signifikanten Unterschiede zu den Ergebnissen im Prätest feststellen. Dies ist bei den Mädchen in dem Maße nicht beobachtbar. Hier gibt es lediglich bei der Bearbeitung der Aufgabe 1 und 8 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen im Follow-Up-Test und den Ergebnissen im Prätest.

Tabelle 286: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe[23]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Schülerinnen (N=36)	1,72 Post/ Follow Up	2,17 Prä/Follow Up	2,11 Prä/Post
	Schüler (N=23)	1,63 Post/ Follow Up	2,07 Prä/Follow Up	2,30 Prä/Post
Aufgabe 2	Schülerinnen	1,47 Post**/Follow Up**	2,33 Prä**/Follow UP	2,19 Prä**/Post
	Schüler	1,43 Post*/Follow Up**	2,24 Prä*/Follow UP	2,33 Prä**/Post
Aufgabe 3	Schülerinnen	1,11 Post**/Follow Up**	2,17 Prä**/Follow UP	2,72 Prä**/Post
	Schüler	1,13 Post**/Follow Up**	2,28 Prä**/Follow UP	2,59 Prä**/Post
Aufgabe 4	Schülerinnen	1,18 Post**/Follow Up**	2,24 Prä**/Follow UP	2,58 Prä**/Post
	Schüler	1,20 Post**/Follow Up**	2,35 Prä**/Follow UP	2,46 Prä**/Post
Aufgabe 5	Schülerinnen	1,63 Post/Follow Up*	2,11 Prä/Follow UP	2,26 Prä*/Post
	Schüler	1,83 Post/Follow Up	2,13 Prä/Follow UP	2,04 Prä/Post
Aufgabe 6	Schülerinnen	1,07 Post**/Follow Up**	2,36 Prä**/Follow UP	2,57 Prä**/Post
	Schüler	1,09 Post**/Follow Up**	2,46 Prä**/Follow UP	2,46 Prä**/Post
Aufgabe 7	Schülerinnen	1,46 Post/Follow Up**	1,97 Prä/Follow UP*	2,57 Prä**/Post*
	Schüler	1,59 Post/Follow Up	2,17 Prä/Follow UP	2,24 Prä/Post
Aufgabe 8	Schülerinnen	1,69 Post**/Follow Up	2,32 Prä**/Follow UP	1,99 Prä/Post
	Schüler	1,52 Post*/Follow Up	2,26 Prä*/Follow UP	2,22 Prä/Post
PunkteTeilchen	Schülerinnen	1,01 Post**/Follow Up**	2,44 Prä**/Follow UP	2,54 Prä**/Post
	Schüler	1,04	2,67	2,28

[22] Die z.T. positiven Tendenzen zwischen der Bearbeitung der Aufgaben im Posttest und Follow-Up-Test lassen sich zum einen mit der zwischen Post und Follow-Up-Test liegenden Klassenarbeit begründen. Zum anderen stellen die nachfolgenden Unterrichtsinhalte immer wieder Bezüge zum Teilchenmodell und der Darstellung von Prozessen auf Teilchenebene her.

[23] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

		Post**/Follow Up**	Prä**/Follow UP	Prä**/Post
Gesamtpunktzahl	Schülerinnen	1,00 Post**/Follow Up**	2,25 Prä**/Follow UP	2,75 Prä**/Post
	Schüler	1,00 Post**/Follow Up**	2,43 Prä**/Follow UP	2,57 Prä**/Post

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova sich gleichermaßen auf die Entwicklung der Leistung von Mädchen und Jungen auswirkt.

5.7.3.2 Vergleich Schülerinnen der Interventions- – Schülerinnen Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe der Klasse 6 befinden sich insgesamt 32 Mädchen und in der Interventionsgruppe insgesamt 36 Mädchen. Um herauszufinden, ob zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe und den Schülerinnen der Kontrollgruppe im Vorfeld der Studie bereits signifikante Unterschiede in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben des Leistungstests vorliegen, wurde der Mann-Whitney-U-Test mit den Ergebnissen des Prätests durchgeführt. Wie der Tabelle 5 zu entnehmen ist, gibt es bereits im Vorfeld signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen. So bearbeiten die Schülerinnen der Kontrollgruppe die Aufgaben 6 und 7 signifikant besser als die Schülerinnen der Interventionsgruppe (siehe Tabelle 287). Dagegen ist die Bearbeitung der Aufgabe 8 bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe signifikant besser als bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 287).

Tabelle 287: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	30,77	456,500	-1,556	0,120
	Interventionsgruppe	36	37,82			
	Gesamtsumme	68				
A2PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	33,28	537,000	-0,507	0,612
	Interventionsgruppe	36	35,58			
	Gesamtsumme	68				
A3PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	34,00	560,000	-0,943	0,346
	Interventionsgruppe	36	34,94			
	Gesamtsumme	68				
A4PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	34,98	560,500	-0,219	0,827
	Interventionsgruppe	36	34,07			
	Gesamtsumme	68				
A5PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	34,38	572,000	-0,053	0,958
	Interventionsgruppe	36	34,61			
	Gesamtsumme	68				
A6PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	40,14	395,500	-2,354	0,019
	Interventionsgruppe	36	29,49			
	Gesamtsumme	68				
A7PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	39,59	413,000	-2,272	0,023
	Interventionsgruppe	36	29,97			
	Gesamtsumme	68				
A8PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	32	30,09	435,000	-2,539	0,011
	Interventionsgruppe	36	38,42			
	Gesamtsumme	68				
PunkteTeilchenPrä	Kontrollgruppe	32	33,14	532,500	-0,552	0,581
	Interventionsgruppe	36	35,71			
	Gesamtsumme	68				

Gesamtpunktzahl-Prä	Kontrollgruppe	32	34,97	561,000	-0,186	0,853
	Interventionsgruppe	36	34,08			
	Gesamtsumme	68				

Wie der Tabelle 288 zu entnehmen ist, die die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests der Post-Leistungstests der Schülerinnen in beiden Gruppen vergleicht, haben sich nach der Unterrichtseinheit die bei der Bearbeitung der Aufgabe 6 und 7 festgestellten signifikanten Unterschiede zugunsten der Schülerinnen der Kontrollgruppe aufgelöst. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 6 erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe nun sogar einen höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Der signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 8, der bereits im Prätest festgestellt werden konnte, ist auch nach der Unterrichtseinheit noch messbar. Zusätzlich hat sich im Posttest ein signifikanter Unterschied bei der Bearbeitung der Aufgabe 2 zwischen beiden Gruppen ausgebildet. Den Schülerinnen der Interventionsgruppe gelingt es besser die vorgegebenen Teilchendarstellungen einem Aggregatzustand zuzuordnen als den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Insgesamt lösen die Schülerinnen, die mit dem Student Response System unterrichtet wurden, die Aufgaben mit einem besonderen Bezug zur Darstellung und Beschreibung bzw. Interpretation von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene signifikant besser als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Der Unterschied der in diesen Teilaufgaben erzielten Punkten (PunkteTeilchenPost) ist mit einer asymptotischen Signifikanz von p=0,020 signifikant und war so im Prätest nicht messbar.

Tabelle 288: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	38,06	462,000	-1,475	0,140
	Interventionsgruppe	36	31,33			
	Gesamtsumme	68				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	28,45	382,500	-2,871 (r=0,3482)	0,004
	Interventionsgruppe	36	39,88			
	Gesamtsumme	68				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	30,58	450,500	-1,594	0,111
	Interventionsgruppe	36	37,99			
	Gesamtsumme	68				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	33,36	539,500	-0,466	0,641
	Interventionsgruppe	36	35,51			
	Gesamtsumme	68				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	36,17	522,500	-0,682	0,495
	Interventionsgruppe	36	33,01			
	Gesamtsumme	68				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	33,16	533,000	-0,536	0,592
	Interventionsgruppe	36	35,69			
	Gesamtsumme	68				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	37,75	472,000	-1,331	0,183
	Interventionsgruppe	36	31,61			
	Gesamtsumme	68				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	32	27,92	365,500	-2,949 (r=0,3576)	0,003
	Interventionsgruppe	36	40,35			
	Gesamtsumme	68				
	Kontrollgruppe	32	28,63	388,000	-2,332	0,020

PunkteTeilchen-Post	Interventionsgruppe	36	39,72		(r=0,2828)	
	Gesamtsumme	68				
Gesamtpunktzahl-Post	Kontrollgruppe	32	32,63	516,000	-0,739	0,460
	Interventionsgruppe	36	36,17			
	Gesamtsumme	68				

Dieser im Posttest gemessene Unterschied in der Bearbeitung der Aufgaben(-teile) mit besonderem Bezug zur Anwendung des Teilchenmodells ist auch im Follow-Up Test noch messbar. Hier erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Der Unterschied in der Bearbeitung verfehlt jedoch das geforderte Signifikanzniveau mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,056 knapp. Trotzdem liefert dieses Ergebnis im Follow-Up-Test Indizien dafür, dass sich der Einsatz der konzipierten Unterrichtseinheit unter Einsatz des Student Response Systems ARSnova positiv auf das Verständnis der Mädchen in diesem Teilgebiet auswirkt.

Im Follow-Up Test lässt sich mittels Mann-Whitney-U-Tests zudem der bereits aus dem Posttest vorhandene signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 2 feststellen. Zusätzlich haben sich im Follow-Up-Test signifikante Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgaben 1 und 3 ausgebildet (siehe Tabelle 289). Den Schülerinnen der Kontrollgruppe gelingt es im Follow-Up-Test besser die Begriffe zu den Annahmen des Teilchenmodells (Aufgabe 1) in die geforderten Lücken einzuordnen als den Schülerinnen der Interventionsgruppe. Dagegen benennen die Schülerinnen der Interventionsgruppe die Fachbegriffe „Sublimieren“ und „Resublimieren“ wesentlich besser und es gelingt ihnen eine bessere Darstellung des Sublimierens auf Teilchenebene (Aufgabe 3). Der im Prätest und im Follow-Up-Test festgestellte Unterschied bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 ist im Follow-Up-Test dagegen nicht mehr messbar.

Tabelle 289: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schülerinnen Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	39,97	373,000	-2,547 (r=0,3112)	0,011
	Interventionsgruppe	36	28,86			
	Gesamtsumme	67				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	28,89	399,500	-2,308 (r=0,2820)	0,021
	Interventionsgruppe	36	38,40			
	Gesamtsumme	67				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	25,32	289,000	-3,608 (r=0,4408)	<0,001
	Interventionsgruppe	36	41,47			
	Gesamtsumme	67				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	32,00	496,000	-0,826	0,409
	Interventionsgruppe	36	35,72			
	Gesamtsumme	67				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	33,55	544,000	-0,181	0,857
	Interventionsgruppe	36	34,49			
	Gesamtsumme	67				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	32,74	519,000	-0,495	0,621
	Interventionsgruppe	36	35,08			
	Gesamtsumme	67				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	33,58	545,000	-0,170	0,865
	Interventionsgruppe	36	34,36			
	Gesamtsumme	67				

A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	31	34,98	527,500	-0,437	0,662
	Interventionsgruppe	36	33,15			
	Gesamtsumme	67				
PunkteTeilchen-FUP	Kontrollgruppe	31	29,13	407,000	-1,915	0,056
	Interventionsgruppe	36	38,19			
	Gesamtsumme	67				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	31	30,23	441,000	-1,476	0,140
	Interventionsgruppe	36	37,25			
	Gesamtsumme	67				

Zieht man zusätzlich noch die durch die zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann und anschließend durchgeführten Post-hoc-Tests erhobenen Entwicklungen in den erzielten Punktzahlen in den einzelnen Aufgaben, dem Teilgebiet „Teilchen“ und der Gesamtpunktzahl hinzu.

Anhand der Betrachtung der Tabelle 290, lässt sich erkennen, dass die Entwicklung der Bearbeitung der Aufgaben 3, 4 und 6, dem Teilgebiet „Teilchen“ und der Gesamtpunktzahl zwischen den drei Testzeitpunkten in beiden Gruppen ähnlich verläuft. Beide Gruppen lösen diese Aufgaben im Post-/ bzw. Follow-Up-Test deutlich besser als im Prätest. Es liegen hochsignifikante Unterschiede in den Bearbeitungen des Prä- und Posttests und des Prä- und Follow-Up-Tests vor. Zwischen den Ergebnissen im Post- und Follow-Up-Test lassen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen. Generell lassen sich mit Ausnahme eines signifikanten Unterschieds zwischen den Ergebnissen des Post- und Follow-Up-Tests bei der Bearbeitung der Aufgabe 7 in der Gruppe der Schülerinnen der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Die Entwicklung der Bearbeitung der Aufgabe 1 ist bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe deutlich positiver als bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe. Bei diesen lässt sich kein signifikanter Unterschied in der Bearbeitung zwischen den drei Testzeitpunkten feststellen. Dagegen zeigen die Bearbeitungen der Aufgabe 2 bei den Schülerinnen aus der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen den drei Testzeitpunkten. Den Schülerinnen der Interventionsgruppe gelingt es dagegen diese Aufgabe im Post- bzw. Follow-Up-Test verglichen mit der Bearbeitung im Prä-Test signifikant besser zu bearbeiten. Hinsichtlich der Entwicklung der Leistungen bei der Bearbeitung der Aufgabe 5 muss angemerkt werden, dass bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe zwischen den Leistungen im Prätest und im Posttest ein signifikanter Unterschied besteht. Dieser lässt sich allerdings bei der Betrachtung der Entwicklung zwischen Prätest und Follow-Up-Test nicht mehr feststellen. Bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe sind dagegen die Lösungen im Follow-Up-Test signifikant besser als im Prätest. Zwischen den Lösungen der Aufgabe 5 im Prätest und im Posttest gibt es dagegen keine signifikanten Unterschiede. Die Entwicklung der erzielten Punktzahlen der Aufgabe 7 ist bei beiden Gruppen ähnlich. Zwischen den Leistungen im Prä- und Posttest gibt es keine signifikanten Veränderungen, dagegen sind zwischen Prä- und Follow-Up-Test bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe hochsignifikante und bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe signifikante Veränderungen feststellbar. Insgesamt lassen sich anhand der zweifaktoriellen Varianzanalyse nach Friedmann feststellen, dass der Leistungszuwachs in beiden Gruppen ähnlich ausfällt und daher keine allgemeinen Tendenzen für die eine oder andere Gruppe der Schülerinnen abgeleitet werden können.

Tabelle 290: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schülerinnen[24]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Interventionsgruppe (N=36)	1,72 Post/ Follow Up	2,17 Prä/Follow Up	2,11 Prä/ Post
	Kontrollgruppe (N=32)	1,29 Post**/ Follow Up**	2,27 Prä**/Follow Up	2,44 Prä**/ Post
Aufgabe 2	Interventionsgruppe	1,47 Post**/Follow Up**	2,33 Prä**/Follow UP	2,19 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,68 Post/Follow Up	2,15 Prä/Follow UP	2,18 Prä/Post
Aufgabe 3	Interventionsgruppe	1,11 Post**/Follow Up**	2,17 Prä**/Follow UP	2,72 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,27 Post**/Follow Up**	2,27 Prä**/Follow UP	2,45 Prä**/Post
Aufgabe 4	Interventionsgruppe	1,18 Post**/Follow Up**	2,24 Prä**/Follow UP	2,58 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,31 Post**/Follow Up**	2,26 Prä**/Follow UP	2,44 Prä**/Post
Aufgabe 5	Interventionsgruppe	1,63 Post/Follow Up*	2,11 Prä/Follow UP	2,26 Prä*/Post
	Kontrollgruppe	1,58 Post*/Follow Up	2,24 Prä*/Follow UP	2,18 Prä/Post
Aufgabe 6	Interventionsgruppe	1,07 Post**/Follow Up**	2,36 Prä**/Follow UP	2,57 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,10 Post**/Follow Up**	2,48 Prä**/Follow UP	2,42 Prä**/Post
Aufgabe 7	Interventionsgruppe	1,46 Post/Follow Up**	1,97 Prä/Follow UP*	2,57 Prä**/Post*
	Kontrollgruppe	1,61 Post/Follow Up*	2,05 Prä/Follow UP	2,34 Prä*/Post
Aufgabe 8	Interventionsgruppe	1,69 Post**/Follow Up	2,32 Prä**/Follow UP	1,99 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,61 Post/Follow Up*	2,05 Prä/Follow UP	2,34 Prä*/Post
PunkteTeilchen	Interventionsgruppe	1,01 Post**/Follow Up**	2,44 Prä**/Follow UP	2,54 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,08 Post**/Follow Up**	2,44 Prä**/Follow UP	2,48 Prä**/Post
Gesamtpunktzahl	Interventionsgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,25 Prä**/Follow UP	2,75 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,05 Post**/Follow Up**	2,31 Prä**/Follow UP	2,65 Prä**/Post

5.7.3.3 Vergleich Schüler der Interventionsgruppe – Schüler Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe befinden sich insgesamt 21 Jungen und in der Interventionsgruppe insgesamt 23 Jungen. Um herauszufinden, ob zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe vor der Durchführung der Studie bereits signifikante Unterschiede in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben des Leistungstests vorliegen, wurde der Mann-Whitney-U-Test mit den Ergebnissen des Prätests durchgeführt. Die Tabelle 291 zeigt die Ergebnisse dieses Tests. Es liegen mit Ausnahme der Bearbeitung der Aufgabe 8 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jungen der

[24] Signifikante Unterschied werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

beiden Gruppen in der Bearbeitung vor. Die Jungen der Interventionsgruppe verfügen jedoch über etwas mehr Vorwissen zu den in der Aufgabe 8 geforderten fachlichen Aspekten der Fischatmung und des Lösens von Sauerstoff in Wasser.

Tabelle 291: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	21,88	228,500	-0,324	0,746
	Interventionsgruppe	23	23,07			
	Gesamtsumme	44				
A2PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	18,90	166,000	-1,835	0,067
	Interventionsgruppe	23	25,78			
	Gesamtsumme	44				
A3PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	23,05	230,000	-1,047	0,295
	Interventionsgruppe	23	22,00			
	Gesamtsumme	44				
A4PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	20,29	195,000	-1,186	0,235
	Interventionsgruppe	23	24,52			
	Gesamtsumme	44				
A5PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	22,88	233,500	-0,202	0,840
	Interventionsgruppe	23	22,15			
	Gesamtsumme	44				
A6PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	24,95	190,000	-1,332	0,183
	Interventionsgruppe	23	20,26			
	Gesamtsumme	44				
A7PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	24,43	201,000	-1,116	0,264
	Interventionsgruppe	23	20,74			
	Gesamtsumme	44				
A8PunktzahlPre	Kontrollgruppe	21	19,60	180,500	-1,974	0,048
	Interventionsgruppe	23	25,15			
	Gesamtsumme	44				
PunkteTeilchenPre	Kontrollgruppe	21	19,29	174,000	-1,620	0,105
	Interventionsgruppe	23	25,43			
	Gesamtsumme	44				
Gesamtpunktzahl-Pre	Kontrollgruppe	21	21,74	225,500	-0,379	0,704
	Interventionsgruppe	23	23,20			
	Gesamtsumme	44				

Betrachtet man die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests aus der Tabelle 292, die die Leistungen der beiden Jungengruppen aus dem Posttest miteinander vergleicht, so lassen sich in der Lösung einzelner Teilaufgaben signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen messen. Der bereits im Prätest gemessen signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 8 ist auch im Posttest messbar. Die Schüler der Interventionsgruppe lösen diese Aufgabe deutlich besser als die Schüler der Kontrollgruppe. In der Lösung der Aufgabe 2 hat sich im Posttest ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Jungengruppen ausgebildet. Die Jungen aus der Interventionsgruppe ordnen die angegebene Teilchendarstellungen signifikant besser einem Aggregatzustand zu als die Jungen der Kontrollgruppe. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen des Vergleichs der Schülerinnen untereinander. Zudem gelingt es den Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, die Aufgaben, die besonderen Bezug zum Darstellen, Beschreiben und Erläutern von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene aufweisen, signifikant besser zu bearbeiten als die

Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Dieser Unterschied in den erzielten Punkten des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ war im Prätest so nicht messbar. Diese Entwicklung deckt sich ebenfalls mit denen des Vergleichs der Schülerinnen untereinander.

Tabelle 292: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	24,93	190,500	-1,360	0,174
	Interventionsgruppe	23	20,28			
	Gesamtsumme	44				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	16,50	115,500	-3,178 (r=0,4791)	0,001
	Interventionsgruppe	23	27,98			
	Gesamtsumme	44				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	19,90	187,000	-1,331	0,183
	Interventionsgruppe	23	24,87			
	Gesamtsumme	44				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	20,24	194,000	-1,157	0,247
	Interventionsgruppe	23	24,57			
	Gesamtsumme	44				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	24,26	204,500	-0,897	0,370
	Interventionsgruppe	23	20,89			
	Gesamtsumme	44				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	21,12	212,500	-0,692	0,489
	Interventionsgruppe	23	23,76			
	Gesamtsumme	44				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	23,57	219,000	-0,553	0,580
	Interventionsgruppe	23	21,52			
	Gesamtsumme	44				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	18,86	165,000	-2,011 (r=0,3032)	0,044
	Interventionsgruppe	23	25,83			
	Gesamtsumme	44				
PunkteTeilchen-Post	Kontrollgruppe	21	16,95	125,000	-2,754 (r=0,4152)	0,006
	Interventionsgruppe	23	27,57			
	Gesamtsumme	44				
Gesamtpunktzahl-Post	Kontrollgruppe	21	19,83	185,500	-1,318	0,187
	Interventionsgruppe	23	24,93			
	Gesamtsumme	44				

Die Bearbeitung der Follow-Up-Tests gelingt in den beiden Gruppen unterschiedlich. Wie der Tabelle 293 zu entnehmen ist, gelingt es den Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, die Aufgaben 2 und die Aufgabe 8 signifikant besser zu bearbeiten als die Jungen aus der Kontrollgruppe. Dieser signifikante Unterschied konnte bereits im Posttest gemessen werden und hat auch im Follow-Up-Test bestand. Zudem hat sich der ebenfalls bereits im Posttest messbare, signifikante Unterschied in der Bearbeitung des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ weiter manifestiert und ist auch im Follow-Up-Test nachweisbar. Die Schüler der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test in dem Aufgabenkomplex „Teilchen“ einen signifikant höheren mittleren Rang als die Schüler der Kontrollgruppe. In der Bearbeitung der Aufgaben 1 und 3 bis 7 gibt es dagegen keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punkten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus dem Post-Leistungstest.

Im Follow-Up-Test gelingt es den Schülern der Interventionsgruppe jedoch eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl zu erzielen als die Schüler der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied kann weder im Prätest, noch im Posttest nachgewiesen werden.

Tabelle 293: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schüler Klasse 6

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	21,38	217,500	-0,340	0,734
	Interventionsgruppe	23	22,54			
	Gesamtsumme	43				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	16,75	125,000	-2,880 (r=0,4392)	0,004
	Interventionsgruppe	23	26,57			
	Gesamtsumme	43				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	17,43	138,500	-2,352 (r=0,3587)	0,019
	Interventionsgruppe	23	25,98			
	Gesamtsumme	43				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	19,45	179,000	-1,293	0,196
	Interventionsgruppe	23	24,22			
	Gesamtsumme	43				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	22,30	224,000	-0,151	0,880
	Interventionsgruppe	23	21,74			
	Gesamtsumme	43				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	19,15	173,000	-1,383	0,162
	Interventionsgruppe	23	24,48			
	Gesamtsumme	43				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	22,65	217,000	-0,330	0,741
	Interventionsgruppe	23	21,43			
	Gesamtsumme	43				
A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	20	16,18	113,500	-3,205 (r=0,4888)	0,001
	Interventionsgruppe	23	27,07			
	Gesamtsumme	43				
PunkteTeilchen-FUP	Kontrollgruppe	20	17,68	143,500	-2,125 (r=0,3241)	0,034
	Interventionsgruppe	23	25,76			
	Gesamtsumme	43				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	20	17,13	132,500	-2,383 (r=0,3634)	0,017
	Interventionsgruppe	23	26,24			
	Gesamtsumme	43				

Betrachtet man zudem noch die Entwicklungen in den beiden Jungengruppen zwischen den drei Testzeitpunkten (Prätest, Posttest und Follow-Up-Test) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse nach Friedmann, so lassen sich einige interessante Entwicklungen erkennen. In beiden Gruppen sind die erzielten mittleren Ränge in den einzelnen Aufgaben, dem Aufgabenkomplex „Teilchen“ und der Gesamtpunktzahl des Posttests deutlich größer als die des Prätests (siehe Tabelle 294). Die Ergebnisse der Bearbeitungen der einzelnen Aufgaben unterscheiden sich jedoch nicht immer signifikant voneinander. Die Bearbeitungen der Aufgabe 1 im Prä-/Post und Follow-Up-Test unterscheiden sich sowohl bei den Jungen der Interventionsgruppe als auch bei den Jungen der Kontrollgruppe nicht signifikant voneinander. Die Lösung der Aufgabe 2 gelingt den Schülern der Interventionsgruppe im Posttest und im Follow-Up-Test signifikant besser als im Prätest. Diese positive Entwicklung ist bei den

Schülern der Kontrollgruppe nicht beobachtbar. Hier gibt es keine signifikante Veränderung in der Bearbeitung dieser Aufgabe zwischen Prä-/Post- und Follow-Up-Test.

Die Entwicklungen der Bearbeitung der Aufgaben 3 und 4 zwischen Prätest und Posttest bzw. zwischen Prätest und Follow-Up-Test ist in beiden Jungengruppen ähnlich. Beide Gruppen bearbeiten diese Aufgaben im Posttest und im Follow-Up-Test signifikant besser als im Prätest. Interessanterweise gelingt es weder den Jungen der Kontrollgruppe noch den Jungen der Interventionsgruppe die Aufgabe 5 im Posttest bzw. im Follow-Up-Test signifikant höhere Punktzahlen zu erzielen als im Prätest. Die Bearbeitung der Aufgabe 6 gelingt den beiden Jungengruppen im Posttest bzw. im Follow-Up-Test signifikant besser als im Prätest, wenngleich diese positive Entwicklung bei den Jungen aus der Interventionsgruppe etwas deutlicher ausfällt als bei den Jungen der Kontrollgruppe.

Auffällig ist wiederum, dass sich in beiden Gruppen die Ergebnisse der Bearbeitung der Aufgabe 7 zwischen den drei Testzeitpunkten nicht signifikant unterscheiden. Positiver fällt die Entwicklung der Leistungen der Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, bei der Lösung der Aufgabe 8 aus. Die Lösungen dieser Aufgabe gelingt im Posttest signifikant besser als im Prätest. Wenngleich dieser signifikante Unterschied im Follow-Up-Test verglichen mit dem Prätest nicht mehr feststellbar ist.

Beiden Jungengruppen gelingt es im Posttest bzw. im Follow-Up-Test verglichen mit den Leistungen im Prätest signifikant höhere Punktzahlen bei der Bearbeitung des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ bzw. des gesamten Leistungstests zu erzielen. Insgesamt zeigen sich in beiden Jungengruppen ähnliche Entwicklungen zwischen den drei Testzeitpunkten, die Entwicklungen fallen bei den Schülern der Interventionsgruppe in den Aufgabe 2 und 8 etwas deutlicher aus als bei den Schülern der Kontrollgruppe.

Tabelle 294: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schüler[25]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Kontrollgruppe (N=20)	1,68 Post/ Follow Up	2,25 Prä/Follow Up	2,08 Prä/Post
	Interventionsgruppe (N=23)	1,63 Post/ Follow Up	2,07 Prä/Follow Up	2,30 Prä/Post
Aufgabe 2	Kontrollgruppe	1,65 Post/Follow Up	2,00 Prä/Follow UP	2,35 Prä/Post
	Interventionsgruppe	1,43 Post*/Follow Up**	2,24 Prä*/Follow UP	2,33 Prä**/Post
Aufgabe 3	Kontrollgruppe	1,43 Post*/Follow Up*	2,28 Prä*/Follow UP	2,30 Prä*/Post
	Interventionsgruppe	1,13 Post**/Follow Up**	2,28 Prä**/Follow UP	2,59 Prä**/Post
Aufgabe 4	Kontrollgruppe	1,15 Post**/Follow Up**	2,50 Prä**/Follow UP	2,35 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,20 Post**/Follow Up**	2,35 Prä**/Follow UP	2,46 Prä**/Post
Aufgabe 5	Kontrollgruppe	1,70 Post/Follow Up	2,25 Prä/Follow UP	2,05 Prä/Post
	Interventionsgruppe	1,83	2,13	2,04

[25] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

		Post/Follow Up	Prä/Follow UP	Prä/Post
Aufgabe 6	Kontrollgruppe	1,43 Post*/Follow Up*	2,33 Prä*/Follow UP	2,25 Prä*/Post
	Interventionsgruppe	1,09 Post**/Follow Up**	2,46 Prä**/Follow UP	2,46 Prä**/Post
Aufgabe 7	Kontrollgruppe	1,73 Post/Follow Up	2,20 Prä/Follow UP	2,08 Prä/Post
	Interventionsgruppe	1,59 Post/Follow Up	2,17 Prä/Follow UP	2,24 Prä/Post
Aufgabe 8	Kontrollgruppe	1,75 Post/Follow Up	2,30 Prä/Follow UP	1,95 Prä/Post
	Interventionsgruppe	1,52 Post*/Follow Up	2,26 Prä*/Follow UP	2,22 Prä/Post
PunkteTeilchen	Kontrollgruppe	1,18 Post**/Follow Up**	2,43 Prä**/Follow UP	2,40 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,04 Post**/Follow Up**	2,67 Prä**/Follow UP	2,28 Prä**/Post
Gesamtpunktzahl	Kontrollgruppe	1,08 Post**/Follow Up**	2,58 Prä**/Follow UP	2,35 Prä**/Post
	Interventionsgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,43 Prä**/Follow UP	2,57 Prä**/Post

5.7.4 Auswertung Prätest Klasse 10

Die Bearbeitung der Aufgabe 1 zeigt, dass sowohl die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe als auch die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe wenig Vorwissen über die Bindungsverhältnisse in Molekülen aufweisen. In der Kontrollgruppe gelingt es lediglich 6 Schülerinnen und Schülern (12,8 %) alle Lücken mit den passenden Begriffen zu füllen. In der Interventionsgruppe sind es sogar nur zwei Schülerinnen und Schüler (5,0 %). Die Hälfte oder weniger korrekt ausgefüllte Lücken erreichen in der Kontrollgruppe 55,3 % und in der Interventionsgruppe 47,5 % der Schülerinnen und Schüler.

In Aufgabe 2 sollen die korrekt gezeichneten Lewis-Formeln in Form einer Multiple-Choice-Aufgabe bestimmt werden. Dies gelingt in beiden Gruppen nur teilweise. So erreichen in der Kontrollgruppe lediglich 7 Schülerinnen und Schüler (14,9 %) die eine volle Punktzahl. 29 Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe (61,7 %) erreichen bei der Bearbeitung dieser Aufgabe keine Punkte. In der Interventionsgruppe zeigt sich ein ähnliches Bild. Hier erreichen lediglich 4 Schülerinnen und Schüler (10,0 %) eine vollständig korrekte Zuordnung. 20 Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe (50,0 %) erzielen keine Punkte bei der Bearbeitung dieser Aufgabe.

Die Darstellung der Lewis-Formeln von vorgegebenen Verbindungen und die Oktettregel in Aufgabe 3 ist in beiden Gruppen nur wenigen Schülerinnen und Schülern bekannt. So wird die volle Punktzahl in beiden Gruppen nicht erzielt. In der Kontrollgruppe erreichen 87,2 % der Schülerinnen und Schüler und in der Interventionsgruppe 70,0 % der Schülerinnen und Schüler keine Punkte.

Wenig Vorwissen haben die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen über das Elektronenpaarabstoßungsmodell und die räumliche Struktur der Methan-Moleküls. So gelingt eine vollständig korrekte Bearbeitung der Aufgabe 4 in der Interventionsgruppe Keinem. In der Kontrollgruppe ist es lediglich einer Person (2,1 %). Dagegen erzielen in der Interventionsgruppe 67,5

% der Schülerinnen und Schüler weniger als die Hälfte der Punkte und in der Kontrollgruppe sind es sogar 83,0 % der Schülerinnen und Schüler.

Die Bearbeitung der Aufgabe 5 zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in beiden Gruppen wenig Vorwissen über die Elektronegativität und deren Anwendung auf das Charakterisieren von polaren Bindungen haben. Viele von ihnen sind zudem nicht in der Lage das vorgelegte Material angemessen in die Lösung der Aufgabenstellung miteinzubeziehen. So erreichen in der Kontrollgruppe 53,2 % der Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe 5 keine Punkte. Lediglich 10,5 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe erzielen immerhin die Hälfte aller möglicher Punkte. Mehr als die Hälfte der Punkte erzielt in der Kontrollgruppe niemand. In der Interventionsgruppe zeigt sich ein ähnliches Bild. 45,0 % der Schülerinnen und Schüler erreichen keine Punkte.

Die Hälfte oder mehr Punkte werden lediglich von zwei Schülerinnen und Schülern (5,0 %) der Interventionsgruppe erzielt.

Die Bearbeitung der Aufgabe 6, in der die Ablenkung des Wasserstrahls durch einen elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffstab thematisiert wird, gelingt sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe kaum. Lediglich eine Schülerin bzw. ein Schüler der Kontrollgruppe erzielt 3 von 10 möglichen Punkten als bestes Ergebnis der Bearbeitung dieser Aufgabe. 31,9 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe erzielen keine Punkte, 51,1 % lediglich ein Punkt. Von 10 möglichen Punkten werden in der Interventionsgruppe maximal 3 Punkte erreicht und das auch lediglich von einem Schüler (2,5 %). Keinen Punkt erzielen 27,5 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe und lediglich ein Punkt wird von 32,5 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe erzielt.

Wenig Vorwissen haben die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen über die Ausbildung von zwischenmolekularen Kräften in Form von Van-der-Waals-Kräften (Aufgabenteil 7a) und Wasserstoffbrückenbindungen (Aufgabenteil 7b). In der Kontrollgruppe erzielen 89,1 % aller Schülerinnen und Schüler in Aufgabenteil 7a keine Punkte, in Aufgabenteil 7b sind es 78,7 % aller Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe. Lediglich eine Bearbeitung des Aufgabenteils 7a (2,2 %) gelingt mit voller Punktzahl. Bei der Bearbeitung des Aufgabenteils 7b gelingt immerhin 17,0 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe eine vollständig korrekte Lösung. In der Interventionsgruppe zeigt sich ein ähnliches Bild. So gelingt es lediglich 7,5 % der Schülerinnen und Schüler den Aufgabenteil 7a vollständig korrekt zu bearbeiten. 82,5 % der Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe erreichen jedoch keine Punkte bei der Bearbeitung. In Aufgabenteil 7b erzielen 85,0 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe keine Punkte. Lediglich 7,5 % der Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe erreichen eine vollständig korrekte Lösung dieses Aufgabenteils.

Gleiches Bild zeigt sich bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 und dem Anwenden von zwischenmolekularen Kräften auf die Erklärung der Entwicklung der im Material angegebenen Siedetemperaturen der Halogene bzw. Halogenwasserstoffe. 55,3 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe erreichen bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 keine Punkte, 36,4 % der Schülerinnen und Schüler lediglich einen Punkt. Volle Punktzahl erreicht keine Person dieser Gruppe. In der Interventionsgruppe zeigt sich das gleiche Bild. So erzielen 57,5 % der Schülerinnen und Schüler keine

Punkte, 30,0 % der Schülerinnen und Schüler lediglich einen Punkt. Eine vollständig korrekte Bearbeitung der Aufgabe 8 gelingt keinem Schüler dieser Gruppe.

Untersucht man beide Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test hinsichtlich vermuteter Unterschiede in der Lösung der einzelnen Aufgaben, so zeigt sich, dass die beiden Gruppen weitestgehend gleiches Vorwissen zu den einzelnen Themenkomplexen aufweisen und somit weitestgehend voraussetzungsgleich sind (siehe Tabelle 295).

Lediglich das Auffinden von korrekt gezeichneten Lewis-Formeln in Aufgabe 2 und die Darstellung von Lewis-Formeln in Aufgabe 3 gelingt den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe signifikant besser als den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Insgesamt erreichen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Prätest zudem eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl (siehe Tabelle 295).

Tabelle 295: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	42,30	860,000	-0,694	0,488
	Interventionsgruppe	40	46,00			
	Gesamtsumme	87				
A2PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	42,38	864,000	-0,728	0,466
	Interventionsgruppe	40	45,90			
	Gesamtsumme	87				
A3PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	40,36	769,000	-2,062	0,039
	Interventionsgruppe	40	48,28			
	Gesamtsumme	87				
A4PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	36,38	582,000	-3,140	0,002
	Interventionsgruppe	40	52,95			
	Gesamtsumme	87				
A5PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	42,60	874,000	-0,603	0,547
	Interventionsgruppe	40	45,65			
	Gesamtsumme	87				
A6PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	40,22	762,500	-1,611	0,107
	Interventionsgruppe	40	48,44			
	Gesamtsumme	87				
A7PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	44,31	927,500	-0,131	0,949
	Interventionsgruppe	40	43,73			
	Gesamtsumme	87				
A8PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	47	44,00	940,000	0,000	1,000
	Interventionsgruppe	40	44,00			
	Gesamtsumme	87				
Gesamtpunktzahl-Prä	Kontrollgruppe	47	37,79	648,000	-2,494	0,013
	Interventionsgruppe	40	51,30			
	Gesamtsumme	87				

5.7.5 Auswertung Posttest und Follow-Up-Test Klasse 10

Insgesamt erzielen die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen in den Aufgaben des Posttests deutlich mehr Punkte als im Prätest. Bei der Bearbeitung der Aufgabe 1 gelingt es in der Kontrollgruppe 73,5 % der Schülerinnen und Schüler mehr als die Hälfte der Punkte zu erzielen, 34,7 % haben lediglich einen Fehler und 6,1 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe füllen alle Lücken komplett mit den richtigen Begriffen. In der Interventionsgruppe gelingt es 78,4 % der Schülerinnen und Schüler mehr als die Hälfte der Punkte zu erzielen. Volle Punktzahl erreichen 16,2 % und lediglich einen Punkt Abzug erhalten 24,3 % der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe. Es zeigt sich somit, dass den Schülerinnen und Schülern beider Gruppen die grundlegenden Eigenschaften der Elektronenpaarbindungen nach der Unterrichtseinheit bekannt sind.

Das Auffinden korrekt gezeichneter Lewis-Formeln in Aufgabe 2 gelingt in der Kontrollgruppe etwas weniger gut als in der Interventionsgruppe. Hier erreichen auch nach der Unterrichtseinheit 32,7 % der Schülerinnen und Schüler keine Punkte. Volle Punktzahl erzielen lediglich 18,4 % der Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe. In der Interventionsgruppe sind es dagegen 48,6 % aller Schülerinnen und Schüler die volle Punktzahl erreichen und lediglich 21,6 % dieser Gruppe erhalten gar keine Punkte.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe 3b gelingt es in der Kontrollgruppe 20,4 % der Schülerinnen und Schüler alle vier Verbindungen korrekt mit Lewis-Formeln darzustellen in der Interventionsgruppe sind es 24,3 % der Schülerinnen und Schüler. Zwei oder mehr richtig dargestellte Lewis-Formeln sind in der Kontrollgruppe bei 77,5 % der Schülerinnen und Schüler und in der Interventionsgruppe bei 81,1 % der Schülerinnen und Schüler zu finden. Eine Erläuterung der Oktettregel anhand der Strukturformel von Chlor gelingt in der Kontrollgruppe lediglich 34,7 % der Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe sind es dagegen 54,1 %.

Das Auffinden der korrekten Aussagen zu den wesentlichen Annahmen des Elektronenpaarabstoßungsmodells und der räumlichen Struktur des Methan-Moleküls in Aufgabe 4 gelingt in beiden Gruppen nur wenigen Schülern ohne Fehler. So kreuzen in der Kontrollgruppe lediglich 8,2 % der Schülerinnen und Schüler und in der Interventionsgruppe lediglich 10,8 % nur alle fünf korrekten Aussagen an und erhalten dadurch volle Punktzahl. Weniger als die Hälfte der erreichbaren Punkte erzielen in der Kontrollgruppe 59,2 % und in der Interventionsgruppe 48,6 % der Schülerinnen und Schüler.

Die Beschreibung und Erklärung der Entwicklung der Elektronegativitätswerte in der 2. und 3. Periode und die Entscheidung des Vorliegens einer polaren Elektronenpaarbindung anhand der Berechnung der Elektronegativitätsdifferenz für die vorliegenden Bindungen in Aufgabe 5 gelingt in beiden Gruppen wesentlich besser als im Prätest. So erreichen in der Kontrollgruppe 46,9 % der Schülerinnen und Schüler die Hälfte oder mehr Punkte. In der Interventionsgruppe sind es 56,8 % der Schülerinnen und Schüler. Volle Punktzahl erreicht in der Kontrollgruppe keine Person und in der Interventionsgruppe sind es zwei Schülerinnen und Schüler (5,4 %).

Die Bearbeitung der Aufgabe 6 bei der es unter anderem um die Beschreibung und Erläuterung der Ablenkung eines Wasserstrahls aus einer Bürette durch einen elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffstab und der Darstellung des Vorgangs auf atomarer Ebene geht, gelingt lediglich 4,1 % der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe und 8,1 % der Schülerinnen und Schüler der

Interventionsgruppe vollständig fehlerfrei. Weniger als die Hälfte der Punkte erzielen in der Kontrollgruppe 69,4 % der Schülerinnen und Schüler und in der interventionsgruppe sind es 54,1 % der Schülerinnen und Schüler. Es zeigt sich, dass in beiden Gruppen zwar wesentlich mehr Punkte als im Prätest erzielt werden, jedoch die Ausbildung von Dipolen bei Wassermolekülen und die damit verbundene Ablenkung des Wasserstrahls von vielen Schülerinnen und Schülern noch nicht vollständig verstanden wurde und entsprechend dargestellt bzw. erläutert werden kann.

Das Auffinden und Ankreuzen der vier korrekten Aussagen zur Van-der-Waals-Kraft bzw. zu den Wasserstoffbrückenbindungen in Aufgabe 7 gelingt in der Kontrollgruppe lediglich 6,1 % der Schülerinnen und Schüler. In der Interventionsgruppe sind es dagegen 24,3 % der Schülerinnen und Schüler. Dagegen erhalten in der Kontrollgruppe 18,4 % der Schülerinnen und Schüler keinen Punkt und in der Interventionsgruppe sind es nur 5,4 % der Schülerinnen und Schüler.

Das Auffinden der vier korrekten Aussagen zu den zwischenmolekularen Kräften zwischen den Halogen-Molekülen bzw. den Halogenwasserstoffmolekülen und deren Anwendung auf die Entwicklung der Siedetemperaturen gelingt in beiden Gruppen nur jeweils zwei Schülerinnen und Schülern fehlerfrei (4,1 % der Kontrollgruppe; 5,4 % der Interventionsgruppe). Weniger als die Hälfte der Punkte erzielen in der Kontrollgruppe 55,1 % und in der Interventionsgruppe 56,8 % der Schülerinnen und Schüler.

Vergleicht man die erreichten Punktzahlen in den einzelnen Aufgaben des Posttests zwischen den Schülerinnen und Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, und den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, mittels Mann-Whitney-U-Test, so stellt man in einzelnen Aufgaben signifikante Unterschiede in den erreichten Punktzahlen fest (siehe Tabelle 296).

Der bereits im Prätest ermittelte signifikante Unterschied in der erreichten Gesamtpunktzahl des Wissenstests ist auch im Posttest nach der Unterrichtseinheit vorhanden (siehe Tabelle 292). Hier erzielet die Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test einen signifikant höheren mittleren Rang als die Kontrollgruppe. Die im Prätest ermittelten signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgaben 3 und 4 sind nach der Unterrichtseinheit dagegen nicht mehr messbar. Die Interventionsgruppe erreicht zwar bei beiden Aufgaben insgesamt höhere mittlere Ränge als die Kontrollgruppe, jedoch ist der Unterschied in der erreichten Punktzahl der Aufgabe 3 mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,387 > 0,05$ und in der erreichten Punktzahl der Aufgabe 4 mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,064 > 0,05$ nicht signifikant.

In den Bearbeitungen der Aufgaben 4 und 6 sind nach der Unterrichtseinheit dagegen signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe messbar. Die Interventionsgruppe erreicht bei der Bearbeitung dieser Aufgaben wesentlich höhere mittlere Ränge als die Kontrollgruppe und bearbeitet diese Aufgaben signifikant besser als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Bearbeitung der Aufgabe 5. Auch hier erzielt die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben einen wesentlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist jedoch mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,058 > 0,05$ knapp nicht signifikant.

Tabelle 296: Mann-Whitney-U-Test Posttest Wissen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	42,44	854,500	-0,465	0,642
	Interventionsgruppe	37	44,91			
	Gesamtsumme	86				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	38,06	640,000	-2,478 (r=0,2672)	0,013
	Interventionsgruppe	37	50,70			
	Gesamtsumme	86				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	41,52	809,500	-0,866	0,387
	Interventionsgruppe	37	46,12			
	Gesamtsumme	86				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	39,28	699,500	-1,853	0,064
	Interventionsgruppe	37	49,09			
	Gesamtsumme	86				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	38,68	670,500	-2,074 (r=0,2236)	0,038
	Interventionsgruppe	37	49,88			
	Gesamtsumme	86				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	39,14	693,000	-1,888	0,059
	Interventionsgruppe	37	49,27			
	Gesamtsumme	86				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	35,99	538,500	-3,328 (r=0,3589)	0,001
	Interventionsgruppe	37	53,45			
	Gesamtsumme	86				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	49	43,40	901,500	-0,045	0,964
	Interventionsgruppe	37	43,64			
	Gesamtsumme	86				
Gesamtpunktzahl-Post	Kontrollgruppe	49	38,32	652,500	-2,217 (r=0,2391)	0,027
	Interventionsgruppe	37	50,36			
	Gesamtsumme	86				

Bei Betrachtung der Tabelle 297, die die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests der acht Wochen nach dem Posttest durchgeführten Follow-Up-Tests der beiden Gruppen zeigt, fällt auf, dass viele der im Posttest festgestellten signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests nicht mehr messbar sind. Die Interventionsgruppe erzielt im Mann-Whitney-U-Test mit Ausnahme der Aufgaben 1 und 8 zwar durchweg z.T. deutlich höhere mittlere Ränge als die Kontrollgruppe. Der im Posttest noch vorhandene signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 2 ist im Follow-Up-Test nicht mehr messbar. Hier gelingt es beiden Gruppen nun gleichermaßen gut die geforderten Lewisformeln der geforderten Verbindungen zu erstellen.[26]
Außerdem ist der im Posttest gemessene signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgabe 7 und in der erreichten Gesamtpunktzahl des Leistungstests im Follow-Up-Test nicht mehr nachweisbar. Während bei der Bearbeitung der Aufgabe 7 der mittlere Rang der Interventionsgruppe nur geringfügig über dem der Kontrollgruppe liegt. Ist der Unterschied der mittleren Ränge in der erreichten Gesamtpunktzahl zwischen beiden Gruppen mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,063 >0,05 knapp nicht signifikant.

[26] Im weiteren Unterrichtsverlauf nach der durchgeführten Studie ist das Erstellen von und der Umgang mit Lewis-Formeln Bestandteil des Unterrichts. Die weitere Übung in diesem Zusammenhang kann ein Grund für das Auflösen des im Posttest festgestellten signifikanten Unterschieds sein.

Die Bearbeitungen der Aufgaben 5 und 6 gelingt den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe signifikant besser als den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.

Tabelle 297: Mann-Whitney-U-Test – Follow-Up-Test Leistungstest Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	46,40	821,000	-1,023	0,306
	Interventionsgruppe	39	41,05			
	Gesamtsumme	87				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	41,05	794,500	-1,364	0,173
	Interventionsgruppe	39	47,63			
	Gesamtsumme	87				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	41,00	792,000	-1,267	0,205
	Interventionsgruppe	39	47,69			
	Gesamtsumme	87				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	42,08	844,000	-0,800	0,424
	Interventionsgruppe	39	46,36			
	Gesamtsumme	87				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	38,82	687,500	-2,143 (r=0,2298)	0,032
	Interventionsgruppe	39	50,37			
	Gesamtsumme	87				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	39,24	707,500	-1,983 (r=0,2126)	0,047
	Interventionsgruppe	39	49,86			
	Gesamtsumme	87				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	42,67	872,000	-0,567	0,571
	Interventionsgruppe	39	45,64			
	Gesamtsumme	87				
A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	48	43,58	916,000	-0,179	0,858
	Interventionsgruppe	39	44,51			
	Gesamtsumme	87				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	48	39,46	718,000	-1,862	0,063
	Interventionsgruppe	39	49,59			
	Gesamtsumme	87				

Vergleicht man die mittels Friedmann-Test und durch Post-hoc-Tests durchgeführte paarweise Vergleiche erzielten Leistungen der beiden Gruppen zur den drei Testzeitpunkten (Prä-/ Post- und Follow-Up-Test), so lassen sich in beiden Gruppen ähnliche Wissenszuwächse in vielen Aufgaben feststellen. Die Tabelle 190 zeigt die erzielten mittleren Ränge beider Gruppen im Friedmann-Test zu den drei Testzeitpunkten und die durch paarweise Vergleiche in den Post-hoc-Tests ermittelten signifikanten Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten.

Der Tabelle 298 ist zu entnehmen, dass beide Gruppen im Posttest und im Follow-Up-Test deutlich größere mittlere Ränge erzielen als im Prätest. Das bedeutet, dass beide Gruppen bei der Bearbeitung der Aufgaben im Post und Follow-Up-Test höhere mittlere Punktzahlen erzielen als im Prätest. Auffällig ist, dass die mittleren Ränge in beiden Gruppen im Follow-Up-Test bei vielen Aufgaben größer sind als im Posttest. Signifikant bessere Ergebnisse im Follow-Up-Test verglichen mit dem Posttest erzielen lediglich die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Ihnen gelingt es die Aufgaben 1 und 2 und den gesamten Leistungstest im Follow-Up-Test signifikant besser zu bearbeiten als im Posttest.

Gleiche Entwicklungen von Prätest zu Posttest bzw. von Prätest zu Follow-Up-Test zeigen sich in beiden Gruppen bei der Bearbeitung der Aufgaben 3, 5 und 6 und in der gesamten Bearbeitung des

Leistungstests. Hier gelingt es sowohl den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe als auch den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe im Post- und im Follow-Up-Test signifikant höhere Punktzahlen zu erzielen als bei der Bearbeitung im Prätest.

Der Wissenszuwachs zwischen der Bearbeitung der Aufgabe 1 im Prätest und der Bearbeitung dieser Aufgabe im Posttest ist bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe etwas größer als bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 298). Keine signifikante Steigerung der Leistung gelingt der Kontrollgruppe von Prä- zu Posttest bei der Bearbeitung der Aufgabe 2. Hier ist die Entwicklung in der Interventionsgruppe mit einer signifikanten Steigerung deutlich positiver. Der Vergleich der Prätestbearbeitung dieser Aufgabe mit der Bearbeitung im Follow-Up-Test zeigt jedoch dann bei beiden Gruppen signifikante Steigerungen.

Die Bearbeitung der Aufgabe 4 ist in beiden Gruppen im Follow-Up-Test signifikant besser als im Prätest. Die Steigerung der Bearbeitung von Prätest zu Posttest ist in der Kontrollgruppe etwas deutlicher als in der Interventionsgruppe, wenngleich auch in dieser Gruppe in den Post-hoc-Tests ein signifikanter Wissenszuwachs bei der Bearbeitung der Aufgabe feststellbar ist (siehe Tabelle 298).

Gleiches Bild zeigt sich auch bei der Auswertung der Bearbeitung der Aufgabe 7. Es gelingt beiden Schülergruppen die Aufgabe im Post und im Follow-Up-Test signifikant besser zu bearbeiten als im Prätest. Die positive Entwicklung von Prätest zu Posttest ist jedoch bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe etwas stärker als bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Dagegen gelingt beiden Schülergruppen bei der Bearbeitung der Aufgabe 8 keine signifikante Steigerung von Prä- zu Posttest bzw. von Prä- zu Follow-Up-Test.

Tabelle 298: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10[27]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Interventionsgruppe	1,42 Post**/Follow Up**	2,19 Prä**/Follow Up	2,39 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,40 Post*/Follow Up**	2,02 Prä*/Follow Up*	2,58 Prä**/Post*
Aufgabe 2	Interventionsgruppe	1,46 Post**/Follow Up**	2,15 Prä**/Follow UP	2,39 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,64 Post/Follow Up**	1,91 Prä/Follow UP*	2,45 Prä**/Post*
Aufgabe 3	Interventionsgruppe	1,04 Post**/Follow Up**	2,24 Prä**/Follow UP	2,72 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,05 Post**/Follow Up**	2,29 Prä**/Follow UP	2,65 Prä**/Post
Aufgabe 4	Interventionsgruppe	1,53 Post*/Follow Up**	2,19 Prä*/Follow UP	2,28 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,35 Post**/Follow Up**	2,22 Prä**/Follow UP	2,43 Prä**/Post
Aufgabe 5	Interventionsgruppe	1,15 Post**/Follow Up**	2,22 Prä**/Follow UP	2,63 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,15 Post**/Follow Up**	2,25 Prä**/Follow UP	2,60 Prä**/Post
Aufgabe 6	Interventionsgruppe	1,33 Post**/Follow Up**	2,36 Prä**/Follow UP	2,31 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,50	2,28	2,22

[27] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

		Post**/Follow Up**	Prä**/Follow UP	Prä**/Post
Aufgabe 7	Interventionsgruppe	1,25 Post**/Follow Up**	2,46 Prä**/Follow UP	2,29 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,48 Post*/Follow Up**	2,07 Prä*/Follow UP	2,46 Prä**/Post
Aufgabe 8	Interventionsgruppe	1,69 Post/Follow Up	2,14 Prä/Follow UP	2,17 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,73 Post/Follow Up	2,16 Prä/Follow UP	2,11 Prä/Post
Gesamtpunktzahl	Interventionsgruppe	1,06 Post**/Follow Up**	2,31 Prä**/Follow UP	2,64 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,07 Post**/Follow Up**	2,17 Prä**/Follow UP*	2,76 Prä**/Post*

5.7.6 Geschlechtsspezifische Unterschiede in Klasse 10

5.7.6.1 Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe

Die Interventionsgruppe besteht in der 10. Jahrgangsstufe aus 40 Schülerinnen und Schülern. Insgesamt befinden sich in der Gruppe 19 Jungen und 20 Mädchen.

Betrachtet man die Tabelle 299, die die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests hinsichtlich vermuteter Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe bei der Bearbeitung des Prä-Leistungstests zeigt, so wird deutlich, dass den Mädchen und den Jungen die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und in des gesamten Leistungstests gleichermaßen gelingt. Es gibt keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben und der erreichten Gesamtpunktzahl. Die Jungen und Mädchen der Interventionsgruppe verfügen somit über gleiches Vorwissen zu den einzelnen Themenkomplexen und sind somit voraussetzungsgleich.

Tabelle 299: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	21,88	152,500	-1,074	0,283
	Schüler	19	18,03			(Exakt: 0,296[b])
	Gesamtsumme	39				
A2PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	18,88	167,500	-0,700	0,484
	Schüler	19	21,18			(Exakt: 0,531[b])
	Gesamtsumme	39				
A3PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	20,68	176,500	-0,466	0,641
	Schüler	19	19,29			(Exakt: 0,708[b])
	Gesamtsumme	39				
A4PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	19,65	183,000	-0,207	0,836
	Schüler	19	20,37			(Exakt: 0,857[b])
	Gesamtsumme	39				
A5PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	18,93	168,500	-0,636	0,525
	Schüler	19	21,13			(Exakt: 0,550[b])
	Gesamtsumme	39				
A6PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	22,68	136,500	-1,594	0,111
	Schüler	19	17,18			(Exakt: 0,134[b])
	Gesamtsumme	39				
A7PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	20,15	187,000	-0,104	0,917
	Schüler	19	19,84			(Exakt: 0,945[b])
	Gesamtsumme	39				

A8PunktzahlPrä	Schülerinnen	20	19,10	172,000	-0,569	0,570 (Exakt: 0,627[b])
	Schüler	19	20,95			
	Gesamtsumme	39				
Gesamtpunktzahl-Prä	Schülerinnen	20	21,58	158,500	-0,890	0,373 (Exakt: 0,380[b])
	Schüler	19	18,34			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Führt man den Mann-Whitney-U-Test mit den nach der durchgeführten Unterrichtseinheit im Posttest ermittelten Leistungen durch, so zeigt sich, dass die Schülerinnen im Mann-Whitney-U-Test bei der Bearbeitung aller Aufgaben und der gesamten Bearbeitung des Leistungstests durchweg höhere mittlere Ränge erzielen als die Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden (siehe Tabelle 300). Den Schülerinnen gelingt es in Aufgabe 3 signifikant besser die Lewis-Formeln zu den geforderten Stoffen zu erstellen und die Oktettregel zu erläutern. Des Weiteren gelingt den Schülerinnen eine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgabe 6 mit der Beschreibung, Erläuterung und Darstellung der Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffstab. In der Bearbeitung der anderen Aufgaben bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern.

Jedoch ist die gesamte Punktzahl des Leistungstests im Posttest bei den Schülerinnen signifikant höher als bei den Schülern.

Tabelle 300: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Schülerinnen	19	20,16	149,000	-0,681	0,496 (Exakt: 0,518[b])
	Schüler	18	17,78			
	Gesamtsumme	37				
A2PunktzahlPost	Schülerinnen	19	20,89	135,000	-1,187	0,235 (Exakt: 0,284[b])
	Schüler	18	17,00			
	Gesamtsumme	37				
A3PunktzahlPost	Schülerinnen	19	22,68	101,000	-2,182 (r=0,3587)	0,029 (Exakt: 0,034[b])
	Schüler	18	15,11			
	Gesamtsumme	37				
A4PunktzahlPost	Schülerinnen	19	20,79	137,000	-1,074	0,283 (Exakt: 0,313[b])
	Schüler	18	17,11			
	Gesamtsumme	37				
A5PunktzahlPost	Schülerinnen	19	21,13	130,500	-1,244	0,214 (Exakt: 0,221[b])
	Schüler	18	16,75			
	Gesamtsumme	37				
A6PunktzahlPost	Schülerinnen	19	22,87	97,500	-2,245 (r=0,3691)	0,025 (Exakt: 0,024[b])
	Schüler	18	14,92			
	Gesamtsumme	37				
A7PunktzahlPost	Schülerinnen	19	21,26	128,000	-1,354	0,176 (Exakt: 0,199[b])
	Schüler	18	16,61			
	Gesamtsumme	37				
A8PunktzahlPost	Schülerinnen	19	21,18	129,500	-1,306	0,192 (Exakt: 0,210[b])
	Schüler	18	16,69			
	Gesamtsumme	37				
Gesamtpunktzahl-Post	Schülerinnen	19	22,61	102,500	-2,084 (r=0,3426)	0,037 (Exakt: 0,036[b])
	Schüler	18	15,19			
	Gesamtsumme	37				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Im 8 Wochen später durchgeführten Follow-Up-Test zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungen der Mädchen und der Jungen (siehe Tabelle 301).

Tabelle 301: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Vergleich Schülerinnen/Schüler Interventionsgruppe Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	22,45	121,000	-1,818	0,069 (Exakt: 0,087[b])
	Schüler	18	16,22			
	Gesamtsumme	38				
A2PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	18,75	165,000	-0,523	0,601 (Exakt: 0,675[b])
	Schüler	18	20,33			
	Gesamtsumme	38				
A3PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	19,60	178,000	-0,061	0,951 (Exakt: 0,965[b])
	Schüler	18	19,39			
	Gesamtsumme	38				
A4PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	22,60	118,000	-1,847	0,065 (Exakt: 0,072[b])
	Schüler	18	16,06			
	Gesamtsumme	38				
A5PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	19,03	170,500	-0,281	0,779 (Exakt: 0,784[b])
	Schüler	18	20,03			
	Gesamtsumme	38				
A6PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	22,68	116,500	-1,872	0,061 (Exakt: 0,063[b])
	Schüler	18	15,97			
	Gesamtsumme	38				
A7PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	20,88	152,500	-0,826	0,409 (Exakt: 0,426[b])
	Schüler	18	17,97			
	Gesamtsumme	38				
A8PunktzahlFUP	Schülerinnen	20	18,50	160,000	-0,611	0,541 (Exakt: 0,573[b])
	Schüler	18	20,61			
	Gesamtsumme	38				
Gesamtpunktzahl-FUP	Schülerinnen	20	21,68	136,500	-1,272	0,203 (Exakt: 0,206[b])
	Schüler	18	17,08			
	Gesamtsumme	38				

Betrachtet man die Entwicklung der erzielten Punktzahlen in den einzelnen Aufgaben und im Gesamttest zwischen den drei Testzeitpunkten (Prä-/ Post- und Follow-Up-Test) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse nach Friedmann, so lässt sich festhalten, dass in beiden Gruppen der mittlere Rang der Posttestergebnisse und der Follow-Up-Test-Ergebnisse der einzelnen Aufgaben und des Gesamttests größer ist als beim Prätest. Zwischen dem Post- und dem Follow-Up-Test gibt es keinen signifikanten Wissensverlust in beiden Gruppen. Der mittlere Rang im Friedmann-Test ist in einigen Aufgaben im Follow-Up-Test sogar größer als im Posttest. Bei den Schülern gibt es bei der Bearbeitung der Aufgabe 1 sogar eine signifikant bessere Bearbeitung des Follow-Up-Tests verglichen mit dem Posttest.

Insgesamt wird die Aufgabe 1 im Posttest von den Schülerinnen der Interventionsgruppe nicht signifikant besser bearbeitet als im Prätest. Dies ist bei den Schülern dieser Gruppe nicht feststellbar. Die Entwicklung zwischen der Bearbeitung der Aufgabe 1 im Prätest und der Bearbeitung im Follow-

Up-Test ist bei den Schülerinnen dagegen etwas deutlicher. Wenngleich beide Gruppen diese Aufgabe im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeiten als im Prätest.

Auffällig ist, dass es den Jungen der Interventionsgruppe nicht gelingt die Aufgaben 2, 4, 5 und 6 im Posttest signifikant besser zu bearbeiten als im Prätest. Den Schülerinnen gelingt durchweg eine signifikant bessere Bearbeitung dieser Aufgaben im Posttest verglichen mit der Bearbeitung im Prätest. Hier ist die Entwicklung bei den Schülerinnen deutlich positiver als bei den Schülern der Interventionsgruppe.

Vergleicht man die Prätestergebnisse dieser vier Aufgaben mit den Follow-Up-Test-Ergebnissen in beiden Gruppen, so zeigen sich bei den Schülerinnen signifikante Zuwächse in den erzielten Punktzahlen. Bei den Schülern ist dies lediglich bei den Aufgaben 2 und 5 zu beobachten. Zwischen den Bearbeitungen der Aufgaben 4 und 6 im Prä- und Follow-Up-Test gibt es dagegen keine signifikante Veränderung.

Ähnliche Entwicklungen zeigen sich bei den Jungen und Mädchen der Interventionsgruppe in der Entwicklung der erzielten Punktzahlen zwischen den drei Testzeitpunkten bei den Bearbeitungen der Aufgaben 3, 7 und 8. Die Aufgabe 3 und 7 werden im Posttest und im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeitet als im Prätest, wenngleich die positive Entwicklung zwischen Prätest und Posttest bei der Bearbeitung der Aufgabe 3 bei den Schülerinnen etwas deutlicher ausfällt als bei den Schülern (siehe Tabelle 302).

Keinen signifikanten Lernzuwachs erzielen die beiden Gruppen bei der Bearbeitung der Aufgabe 8. Diese wird weder im Post- noch im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeitet als im Prätest.

Dagegen erzielen beide Gruppen in der gesamten Bearbeitung des Leistungstests im Post- und im Follow-Up-Test signifikant höhere Punktzahlen verglichen mit der Bearbeitung im Prätest.

Insgesamt zeigt die Auswertung mittels Friedmann-Tests, dass die Leistungssteigerungen zwischen Prä- und Posttest bei den Mädchen in vielen Aufgaben etwas deutlicher ausfallen als bei den Jungen. Diese Entwicklung ist in einzelnen Aufgaben auch zwischen der Bearbeitung im Prä- und im Follow-Up-Test festzustellen.

Tabelle 302: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe[28]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Schülerinnen	1,42 Post/Follow Up**	2,13 Prä/Follow Up	2,45 Prä**/Post
	Schüler	1,41 Post*/ Follow Up*	2,26 Prä*/Follow Up	2,32 Prä*/Post*
Aufgabe 2	Schülerinnen	1,37 Post*/Follow Up**	2,26 Prä*/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Schüler	1,56 Post/Follow Up*	2,03 Prä/Follow UP	2,41 Prä*/Post
Aufgabe 3	Schülerinnen	1,00 Post**/Follow Up**	2,39 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Schüler	1,09 Post*/Follow Up**	2,06 Prä*/Follow UP	2,85 Prä**/Post
Aufgabe 4	Schülerinnen	1,39 Post*/Follow Up**	2,21 Prä*/Follow UP	2,39 Prä**/Post

[28] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

	Schüler	1,68 Post/Follow Up	2,18 Prä/Follow UP	2,15 Prä/Post
Aufgabe 5	Schülerinnen	1,03 Post**/Follow Up**	2,37 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Schüler	1,29 Post/Follow Up**	2,06 Prä/Follow UP	2,65 Prä**/Post
Aufgabe 6	Schülerinnen	1,16 Post**/Follow Up**	2,47 Prä**/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Schüler	1,53 Post/Follow Up	2,24 Prä/Follow UP	2,24 Prä/Post
Aufgabe 7	Schülerinnen	1,18 Post**/Follow Up**	2,45 Prä**/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Schüler	1,32 Post**/Follow Up*	2,47 Prä**/Follow UP	2,21 Prä*/Post
Aufgabe 8	Schülerinnen	1,61 Post/Follow Up	2,37 Prä/Follow UP	2,03 Prä/Post
	Schüler	1,79 Post/Follow Up	1,88 Prä/Follow UP	2,32 Prä/Post
Gesamtpunktzahl	Schülerinnen	1,00 Post**/Follow Up**	2,39 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Schüler	1,12 Post**/Follow Up**	2,21 Prä**/Follow UP	2,68 Prä**/Post

5.7.6.2 Vergleich Schülerinnen Interventions- – Schülerinnen Kontrollgruppe Klasse 10

Betrachtet man die Tabelle 303, die die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests des Vergleichs der erzielten Punktzahlen in den einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests zwischen den Schülerinnen der Interventionsgruppe mit denen der Kontrollgruppe zeigt, so wird deutlich, dass beide Gruppen in einigen Bereichen unterschiedliches Vorwissen aufweisen.

Den Schülerinnen der Interventionsgruppe gelingt es in Aufgabe 3 signifikant besser die geforderten Lewis-Formeln zu erstellen und die Oktettregel zu erklären als den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Zudem verfügen die Schülerinnen der Interventionsgruppe über mehr Vorwissen zum Elektronenpaarabstoßungsmodell (Aufgabe 4) und es gelingt ihnen signifikant besser als den Schülerinnen der Kontrollgruppe das vorgestellte Experiment der Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffstab in Aufgabe 6 zu bearbeiten. Insgesamt erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe im gesamten Leistungstest eine signifikant höhere Punktzahl als die Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Tabelle 303: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	22,98	237,500	-0,906	0,365
	Interventionsgruppe	20	26,63			
	Gesamtsumme	48				
A2PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	23,70	257,500	-0,542	0,588
	Interventionsgruppe	20	25,63			
	Gesamtsumme	48				
A3PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	21,61	199,000	-2,493	0,013
	Interventionsgruppe	20	28,55			
	Gesamtsumme	48				

A4PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	20,39	165,000	-2,491	0,013
	Interventionsgruppe	20	30,25			
	Gesamtsumme	48				
A5PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	24,23	272,500	-0,169	0,866
	Interventionsgruppe	20	24,88			
	Gesamtsumme	48				
A6PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	21,36	192,000	-2,003	0,045
	Interventionsgruppe	20	28,90			
	Gesamtsumme	48				
A7PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	24,29	274,000	-0,157	0,875
	Interventionsgruppe	20	24,80			
	Gesamtsumme	48				
A8PunktzahlPre	Kontrollgruppe	28	24,79	272,000	-0,191	0,849
	Interventionsgruppe	20	24,10			
	Gesamtsumme	48				
Gesamtpunktzahl-Pre	Kontrollgruppe	28	20,96	181,000	-2,081	0,037
	Interventionsgruppe	20	29,45			
	Gesamtsumme	48				

Führt man den Mann-Whitney-U-Test mit den nach der Unterrichtseinheit im Posttest erhobenen Lösungen des Leistungstests durch, so zeigen sich in fast allen Aufgaben signifikante Unterschiede in den erreichten Punktzahlen. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen im Mann-Whitney-U-Test mit Ausnahme der Aufgabe 1 und der Aufgabe 8 zum Teil deutlich höhere mittlere Ränge als die Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Der im Prätest gemessene signifikante Unterschied zugunsten der Schülerinnen der Interventionsgruppe in der Bearbeitung der Aufgabe 3 ist im Posttest nicht mehr messbar, wenngleich die asymptotische Signifikanz von p= 0,098 das geforderte Signifikanzniveau von 0,05 nur knapp verfehlt.

Die bereits im Prätest festgestellten signifikanten Unterschiede in den Bearbeitungen der Aufgabe 4, 6 und in der erzielten Punktzahl im gesamten Leistungstest, sind auch im Posttest messbar. Die Schülerinnen der Interventionsgruppe erzielen somit auch im Posttest bei der Bearbeitung der Aufgaben 4 und 6 und bei der Bearbeitung des gesamten Leistungstests höhere Punktzahlen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Zudem gelingt den Schülerinnen der Interventionsgruppe im Posttest auch eine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgaben 2, 5 und 7. Dieser signifikante Unterschied zwischen beiden Gruppen konnte im Prätest nicht ermittelt werden.

Tabelle 304: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	23,61	255,000	-0,245	0,807
	Interventionsgruppe	19	24,58			
	Gesamtsumme	47				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	20,29	162,000	-2,416 (r=0,3524)	0,016
	Interventionsgruppe	19	29,47			
	Gesamtsumme	47				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	21,34	191,500	-1,654	0,098
	Interventionsgruppe	19	27,92			

	Gesamtsumme	47				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	20,63	171,500	-2,112 (r=0,3081)	0,035
	Interventionsgruppe	19	28,97			
	Gesamtsumme	47				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	20,23	160,500	-2,309 (r=0,3368)	0,021
	Interventionsgruppe	19	29,55			
	Gesamtsumme	47				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	19,75	147,000	-2,603 (r=0,3797)	0,009
	Interventionsgruppe	19	30,26			
	Gesamtsumme	47				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	19,50	140,000	-2,807 (r=0,4094)	0,005
	Interventionsgruppe	19	30,63			
	Gesamtsumme	47				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	28	23,02	238,5000	-0,615	0,538
	Interventionsgruppe	19	25,45			
	Gesamtsumme	47				
Gesamtpunktzahl-Post	Kontrollgruppe	28	19,38	136,500	-2,810 (r=0,4099)	0,005
	Interventionsgruppe	19	30,82			
	Gesamtsumme	47				

Bei der Auswertung der Follow-Up-Tests mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt sich, dass die Schülerinnen der Interventionsgruppe mit Ausnahme der Aufgabe 1 höhere mittlere Ränge erzielen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 305). Die noch im Posttest festgestellten signifikanten Unterschiede in den Bearbeitungen einzelner Aufgaben zugunsten der Schülerinnen der Interventionsgruppe sind mit Ausnahme der Bearbeitung der Aufgabe 6 im Follow-Up-Test nicht mehr messbar. Beim Vergleich der erzielten Gesamtpunktzahl erzielen die Schülerinnen der Interventionsgruppe im Mann-Whitney-U-Test zwar mit 27,75 einen deutlich höheren mittleren Rang als die Schülerinnen der Kontrollgruppe mit 21,22. Jedoch ist der Unterschied mit einer asymptotischen Signifikanz von p= 0,106 nicht signifikant und kann daher nur vermutet werden.

Tabelle 305: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schülerinnen Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	24,94	244,500	-0,587	0,557
	Interventionsgruppe	20	22,73			
	Gesamtsumme	47				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	22,74	236,000	-0,814	0,416
	Interventionsgruppe	20	25,70			
	Gesamtsumme	47				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	21,87	212,500	-1,281	0,200
	Interventionsgruppe	20	26,88			
	Gesamtsumme	47				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	22,00	216,000	-1,185	0,236
	Interventionsgruppe	20	26,70			
	Gesamtsumme	47				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	23,04	244,000	-0,570	0,568
	Interventionsgruppe	20	25,30			
	Gesamtsumme	47				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	20,33	171,000	-2,161 (r=0,3152)	0,031
	Interventionsgruppe	20	28,95			

	Gesamtsumme	47				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	22,65	233,50	-0,819	0,413
	Interventionsgruppe	20	25,83			
	Gesamtsumme	47				
A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	27	23,09	245,500	-0,559	0,576
	Interventionsgruppe	20	25,23			
	Gesamtsumme	47				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	27	21,22	195,000	-1,614	0,106
	Interventionsgruppe	20	27,75			
	Gesamtsumme	47				

Wertet man die Entwicklungen zwischen Prä-/ Post- und Follow-Up-Test mittels zweifaktorieller Varianzanalyse nach Friedmann aus, so lassen sich zwischen beide Gruppen nur wenige Unterschiede erkennen.

Beide Gruppen erzielen im Friedmann-Test in den Bearbeitungen der einzelnen Aufgaben und in der Bearbeitung des gesamten Leistungstests höhere mittlere Ränge als im Prätest. Keine signifikanten Veränderungen in den erzielten Punktzahlen der Aufgaben und des Gesamttests gibt es in beiden Gruppen von Posttest zu Follow-Up-Test. Mit Ausnahme der Aufgabe 8 erzielen die Schülerinnen beider Gruppen jedoch im Follow-Up-Test in den Bearbeitungen der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests signifikant höhere Punktzahlen verglichen mit den Ergebnissen des Prätests. Hier gibt es zwischen beiden Gruppen keine nennenswerten Unterschiede im Wissenszuwachs.

Betrachtet man die Entwicklungen vom Prätest zum Posttest, so gibt es in einigen Aufgaben zwischen beiden Gruppen kleinere Unterschiede.

So erzielen die Schülerinnen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, bei der Bearbeitung der Aufgaben 2 und 7 im Posttest signifikant höhere Punktzahlen als im Prätest. Diese Entwicklung ist bei den Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden, nicht messbar. Hier gelingt im Posttest keine signifikant bessere Bearbeitung dieser Aufgaben verglichen mit den Bearbeitungen im Prätest.

Dagegen können die Schülerinnen der Kontrollgruppe die Aufgabe 1 im Posttest signifikant besser bearbeiten als im Prätest. Bei den Schülerinnen der Interventionsgruppe ist die Bearbeitung dieser Aufgabe im Posttest nicht signifikant besser als im Prätest.

In allen anderen Aufgaben ist die Entwicklung in beiden Gruppen von Prä- zu Posttest ähnlich. So gelingt es beiden Gruppen nicht die Aufgabe 8 im Posttest signifikant besser zu bearbeiten als im Prätest. Dagegen sind die Bearbeitungen der Aufgaben 3 bis 6 und die Bearbeitung des gesamten Leistungstests im Posttest signifikant besser als im Prätest.

Tabelle 306: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schülerinnen[29]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Interventionsgruppe	1,42 Post/ Follow Up**	2,13 Prä/Follow Up	2,45 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,35 Post*/Follow Up**	2,07 Prä*/Follow Up	2,57 Prä**/Post
Aufgabe 2	Interventionsgruppe	1,37 Post*/Follow Up**	2,26 Prä*/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,57 Post/Follow Up**	2,00 Prä/Follow UP	2,43 Prä**/Post
Aufgabe 3	Interventionsgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,39 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,06 Post**/Follow Up**	2,30 Prä**/Follow UP	2,65 Prä**/Post
Aufgabe 4	Interventionsgruppe	1,39 Post*/Follow Up**	2,21 Prä*/Follow UP	2,39 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,37 Post*/Follow Up**	2,09 Prä*/Follow UP	2,54 Prä**/Post
Aufgabe 5	Interventionsgruppe	1,03 Post**/Follow Up**	2,37 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,06 Post**/Follow Up**	2,24 Prä**/Follow UP	2,70 Prä**/Post
Aufgabe 6	Interventionsgruppe	1,16 Post**/Follow Up**	2,47 Prä**/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,46 Post**/Follow Up**	2,26 Prä**/Follow UP	2,28 Prä**/Post
Aufgabe 7	Interventionsgruppe	1,18 Post**/Follow Up**	2,45 Prä**/Follow UP	2,37 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,46 Post/Follow Up**	2,06 Prä/Follow UP	2,48 Prä**/Post
Aufgabe 8	Interventionsgruppe	1,61 Post/Follow Up	2,37 Prä/Follow UP	2,03 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,83 Post/Follow Up	2,22 Prä/Follow UP	1,94 Prä/Post
Gesamtpunktzahl	Interventionsgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,39 Prä**/Follow UP	2,61 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,00 Post**/Follow Up**	2,20 Prä**/Follow UP	2,80 Prä**/Post

5.7.5.3 **Vergleich Schüler Interventionsgruppe – Schüler Kontrollgruppe Klasse 10**

Der Vergleich der in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstest erzielten Punktzahlen zwischen den Schülern der Interventionsgruppe und den Schülern der Kontrollgruppe im Vorfeld der Studie mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass beide Gruppen gleiches Vorwissen zu den einzelnen Themenkomplexen aufweisen. Es bestehen im Mann-Whitney-U-Test der Lösungen der einzelnen Aufgaben keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben. Ebenso gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Bearbeitung des gesamten Leistungstests. Die Jungen der Klassen der Interventionsgruppe und die Jungen der Klassen der Kontrollgruppe sind somit voraussetzungsgleich.

[29] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

Tabelle 307: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	19,34	177,500	-0,089	0,929 (Exakt: 0,931[b])
	Interventionsgruppe	19	19,66			
	Gesamtsumme	38				
A2PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	18,74	166,000	-0,464	0,642 (Exakt: 0,686[b])
	Interventionsgruppe	19	20,26			
	Gesamtsumme	38				
A3PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	18,89	169,000	-0,451	0,652 (Exakt: 0,751[b])
	Interventionsgruppe	19	20,11			
	Gesamtsumme	38				
A4PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	16,39	121,500	-1,764	0,078 (Exakt: 0,085[b])
	Interventionsgruppe	19	22,61			
	Gesamtsumme	38				
A5PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	18,21	156,000	-0,760	0,447 (Exakt: 0,488[b])
	Interventionsgruppe	19	20,79			
	Gesamtsumme	38				
A6PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	18,03	152,500	-0,873	0,383 (Exakt: 0,418[b])
	Interventionsgruppe	19	20,97			
	Gesamtsumme	38				
A7PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	19,82	174,500	-0,214	0,831 (Exakt: 0,863[b])
	Interventionsgruppe	19	19,18			
	Gesamtsumme	38				
A8PunktzahlPrä	Kontrollgruppe	19	19,00	171,000	-0,309	0,757 (Exakt: 0,795[b])
	Interventionsgruppe	19	20,00			
	Gesamtsumme	38				
Gesamtpunktzahl-Prä	Kontrollgruppe	19	16,89	131,000	-1,450	0,147 (Exakt: 0,154[b])
	Interventionsgruppe	19	22,11			
	Gesamtsumme	38				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Die Betrachtung der Tabelle 308, die die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests des nach der Unterrichtseinheit durchgeführten Posttests darstellt, zeigt, dass zwischen beiden Jungengruppen in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der einzelnen Aufgaben entstanden sind. Hier scheinen sich der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova und der herkömmliche Unterricht gleichermaßen auf die Leistung der Schüler auszuwirken.

Tabelle 308: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	18,93	166,500	-0,653	0,514 (Exakt: 0,530[b])
	Interventionsgruppe	18	21,25			
	Gesamtsumme	39				
A2PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	18,14	150,000	-1,168	0,243 (Exakt: 0,282[b])
	Interventionsgruppe	18	22,17			
	Gesamtsumme	39				
A3PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	21,00	168,000	-0,607	0,544 (Exakt: 0,568[b])
	Interventionsgruppe	18	18,83			
	Gesamtsumme	39				
A4PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	19,10	170,000	-0,549	0,583 (Exakt: 0,606[b])
	Interventionsgruppe	18	21,06			
	Gesamtsumme	39				
A5PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	18,60	159,500	-0,837	0,402 (Exakt: 0,410[b])
	Interventionsgruppe	18	21,64			

	Gesamtsumme	39				
A6PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	19,98	188,500	-0,014	0,989 (Exakt: 0,989[b])
	Interventionsgruppe	18	20,03			
	Gesamtsumme	39				
A7PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	17,00	126,000	-1,879	0,060 (Exakt: 0,078[b])
	Interventionsgruppe	18	23,50			
	Gesamtsumme	39				
A8PunktzahlPost	Kontrollgruppe	21	20,81	172,000	-0,504	0,614 (Exakt: 0,646[b])
	Interventionsgruppe	18	19,06			
	Gesamtsumme	39				
Gesamtpunktzahl Post	Kontrollgruppe	21	19,52	179,000	-0,282	0,778 (Exakt: 0,791[b])
	Interventionsgruppe	18	20,56			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Auch im ca. 8 Wochen nach Beendigung der Unterrichtseinheit durchgeführten Follow-Up-Leistungstest zeigen sich im Mann-Whitney-U-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Jungengruppen in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests. Eine Ausnahme bildet die Aufgabe 5 zum Thema Elektronegativität. Diese wird von den Schülern der Interventionsgruppe signifikant besser bearbeitet als von den Schülern der Kontrollgruppe.

Tabelle 309: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schüler Klasse 10

	Gruppe	Häufigkeit H	Mittlerer Rang	Mann-Whitney-U	Z	Asym. Signifikanz
A1PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	21,57	156,000	-0,964	0,335 (Exakt: 0,364[b])
	Interventionsgruppe	18	18,17			
	Gesamtsumme	39				
A2PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	18,57	159,000	-0,975	0,330 (Exakt: 0,410[b])
	Interventionsgruppe	18	21,67			
	Gesamtsumme	39				
A3PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	19,19	172,000	-0,495	0,620 (Exakt: 0,646[b])
	Interventionsgruppe	18	20,94			
	Gesamtsumme	39				
A4PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	20,21	184,500	-0,130	0,897 (Exakt: 0,900[b])
	Interventionsgruppe	18	19,75			
	Gesamtsumme	39				
A5PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	16,07	106,500	-2,239 (r=0,3585)	0,019 (Exakt: 0,019[b])
	Interventionsgruppe	18	24,58			
	Gesamtsumme	39				
A6PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	18,81	164,000	-0,721	0,471 (Exakt: 0,494[b])
	Interventionsgruppe	18	21,39			
	Gesamtsumme	39				
A7PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	19,83	185,500	-0,102	0,919 (Exakt: 0,922[b])
	Interventionsgruppe	18	20,19			
	Gesamtsumme	39				
A8PunktzahlFUP	Kontrollgruppe	21	20,45	179,500	-0,277	0,782 (Exakt: 0,791[b])
	Interventionsgruppe	18	19,47			
	Gesamtsumme	39				
Gesamtpunktzahl-FUP	Kontrollgruppe	21	18,00	147,000	-1,184	0,236 (Exakt: 0,245[b])
	Interventionsgruppe	18	22,33			
	Gesamtsumme	39				

b: Nicht für Bindungen korrigiert.

Die durchgeführte zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann zeigt, dass bei den Schülern beider Gruppen nicht in allen Aufgaben signifikante Unterschiede in den Bearbeitungen zwischen den drei Testzeitpunkten vorliegen. Mit Ausnahme der Bearbeitung der Aufgabe 1 der Schüler der Interventionsgruppe lassen sich keine signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben und des gesamten Leistungstests zwischen Follow-Up-Test und Posttest feststellen.

Interessanterweise gelingt es den Schülern beider Gruppen nicht, einzelne Aufgaben im Follow-Up-Test signifikant besser zu bearbeiten als im Prätest. Dies trifft für beide Jungengruppen gleichermaßen auf die Aufgaben 6 und 8 zu. Den Jungen aus der Interventionsgruppe gelingt daneben im Follow-Up-Test keine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgabe 4 und den Jungen aus der Kontrollgruppe keine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgabe 2.

Die Entwicklungen zwischen den Leistungen im Posttest und im Prätest weisen in beiden Jungengruppen in einigen Aufgaben sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten auf. Beiden Gruppen gelingt im Posttest keine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgaben 2, 6 und 8 verglichen mit der Bearbeitung im Prätest. Den Schülern der Interventionsgruppe gelingt im Posttest eine signifikant bessere Bearbeitung der Aufgaben 1 und 7 als im Prätest. Diese Aufgaben werden von den Schülern der Kontrollgruppe dagegen im Posttest nicht signifikant besser bearbeitet als im Prätest. In der Bearbeitung der Aufgaben 4 und 5 ist die Entwicklung von Prä- zu Posttest dagegen bei den Schülern der Kontrollgruppe signifikant. Hier gelingt im Gegensatz zu den Schülern der Interventionsgruppe eine signifikant bessere Bearbeitung dieser Aufgaben im Posttest.

In beiden Gruppen wird die Aufgabe 3 im Posttest signifikant besser bearbeitet als im Prätest. Die Entwicklung ist aber bei den Schülern der Kontrollgruppe etwas deutlicher als bei den Schülern der Interventionsgruppe.

Der gesamte Leistungstest wird von beiden Jungengruppen sowohl im Post-, als auch im Follow-Up-Test signifikant besser bearbeitet als im Prätest. Es liegen somit in beiden Gruppen messbare Wissenszuwächse vor.

Tabelle 310: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schüler[30]

Punkte	Gruppe	Prätest	Posttest	Follow Up
Aufgabe 1	Interventionsgruppe	1,41 Post*/ Follow Up*	2,26 Prä*/Follow Up	2,32 Prä*/Post*
	Kontrollgruppe	1,47 Post/Follow Up**	1,95 Prä/Follow Up	2,58 Prä**/Post
Aufgabe 2	Interventionsgruppe	1,56 Post/Follow Up*	2,03 Prä/Follow UP	2,41 Prä*/Post
	Kontrollgruppe	1,74 Post/Follow Up	1,79 Prä/Follow UP	2,47 Prä/Post
Aufgabe 3	Interventionsgruppe	1,09 Post*/Follow Up**	2,06 Prä*/Follow UP	2,85 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,05 Post**/Follow Up**	2,29 Prä**/Follow UP	2,66 Prä**/Post
Aufgabe 4	Interventionsgruppe	1,68 Post/Follow Up	2,18 Prä/Follow UP	2,15 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,32 Post**/Follow Up**	2,39 Prä**/Follow UP	2,29 Prä**/Post
Aufgabe 5	Interventionsgruppe	1,29 Post/Follow Up**	2,06 Prä/Follow UP	2,65 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,29 Post**/Follow Up**	2,26 Prä**/Follow UP	2,45 Prä**/Post
Aufgabe 6	Interventionsgruppe	1,53 Post/Follow Up	2,24 Prä/Follow UP	2,24 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,55 Post/Follow Up	2,32 Prä/Follow UP	2,13 Prä/Post
Aufgabe 7	Interventionsgruppe	1,32 Post**/Follow Up*	2,47 Prä**/Follow UP	2,21 Prä*/Post
	Kontrollgruppe	1,50 Post/Follow Up*	2,08 Prä/Follow UP	2,42 Prä*/Post
Aufgabe 8	Interventionsgruppe	1,79 Post/Follow Up	1,88 Prä/Follow UP	2,32 Prä/Post
	Kontrollgruppe	1,58 Post/Follow Up	2,08 Prä/Follow UP	2,34 Prä/Post
Gesamtpunktzahl	Interventionsgruppe	1,12 Post**/Follow Up**	2,21 Prä**/Follow UP	2,68 Prä**/Post
	Kontrollgruppe	1,16 Post**/Follow Up**	2,13 Prä**/Follow UP	2,71 Prä**/Post

[30] Signifikante Unterschiede werden mit *, hochsignifikante Unterschiede mit ** gekennzeichnet.

6 Diskussion der vorliegenden Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfragen

6.1 Auswirkungen auf das Lernklima

Das Motivations-Lernklima-Modell von Claus Bolte basiert auf der Annahme, dass eine anregend und positiv empfundene Lern-/Unterrichtsatmosphäre sich positiv auf den fachbezogenen Lernerfolg auswirkt (Bolte, 2004a). Es geht davon aus, dass eine Behandlung von relevanten Themen, die von den Schülerinnen und Schülern als bedeutungsvoll erachtet werden und ihrem Interesse entsprechen zu einer gesteigerten Partizipationsbereitschaft im Unterricht und schlussendlich zu einer Steigerung der Zufriedenheit im Unterrichtsgeschehen führt (Bolte, 2004a).

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen sind nicht eindeutig.

Bereits vor der Studie zeigen sich zwischen den Klassen der Interventionsgruppe und den Klassen der Kontrollgruppe signifikante Unterschiede in einigen Lernklima-Dimensionen. So sind die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe insgesamt mit dem bisherigen Chemieunterricht zufriedener, haben eher das Gefühl, dass der bisherige Unterricht ihren Anforderungen entspricht und sie den Unterrichtsstoff verstehen und sie schätzen ihre Partizipationsmöglichkeiten signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova führt bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe nicht zu einer signifikant anderen Einschätzung des Lernklimas in den erhobenen Lernklima-Dimensionen im Posttest. Zwischen Prä- und Posttest zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Wilxocon-Tests jedoch, dass die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe nach der Unterrichtseinheit die Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ signifikant schlechter bewerten als vor der durchgeführten Unterrichtsreihe. Es kann vermutet werden, dass diese negativen Entwicklungen in diesen Lernklima-Dimensionen mit den gewählten Inhalten der Unterrichtseinheit in Zusammenhang stehen und diese von den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe als nicht so bedeutungsvoll erachtet werden und daher weniger von Interesse sind. Durch die Verwendung von ARSnova mit den gewählten Fragen ist diese negative Entwicklung in den angesprochenen Lernklima-Dimensionen bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe nicht beobachtbar.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen für die jahrgangsübergreifende Auswertung auch im Posttest signifikante Unterschiede in den Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Anforderungen und Verständlichkeit“. So haben die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, eher das Gefühl, dass der durchgeführte Unterricht ihren Anforderungen entspricht und die Inhalte verständlich geworden sind als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Diese Ergebnisse lassen sich auch mit anderen Studien an Hochschulen (vgl. Reay et al., 2008) und Schulen (vgl. Vital, 2012; Kay, 2019) in Einklang bringen, die berichten, dass ein beträchtlicher Teil der

Schülerinnen und Schüler bzw. Studentinnen und Studenten der Meinung sind, dass sich der Einsatz des Student Response Systems positiv auf ihr Verständnis ausgeübt hat.

Auffällig ist, dass die im Prätest gemessenen signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ im Posttest nicht mehr messbar sind.

Die vorliegenden Ergebnisse der Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf das Lernklima im Chemieunterricht in den beiden untersuchten Jahrgangsstufen zeigen unterschiedliche Tendenzen. Im 6. Jahrgang sind deutlich positivere Auswirkungen auf die erhobenen Lernklima-Dimensionen zu erkennen als im 10. Jahrgang.

So zeigt sich im 6. Jahrgang, dass die bereits im Prätest festgestellten signifikanten Unterschiede in der Bewertung der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Partizipationsmöglichkeiten“ zugunsten der Interventionsgruppe auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit messbar sind. Zudem haben sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova im Post-Test signifikante Unterschiede in den anderen Lernklima-Dimensionen ausgebildet. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe sind der Meinung, dass die vermittelten Unterrichtsinhalte verständlich geworden sind und sich an ihren Fähigkeiten orientieren. Sie erkennen wesentliche Fachbezüge und sehen eine stärkere Relevanz der Unterrichtsinhalte sowohl in Bezug zu den Alltagssituationen und die Bedeutung für das gesellschaftliche Zusammenleben als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Anhand der Auswertung der erhobenen Daten mittels Mann-Whitney-U-Test lässt sich somit zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System unterrichtet wurden, den Chemieunterricht nach der Unterrichtseinheit in allen Lernklima-Dimensionen signifikant anders bewerten als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich der Einsatz des Unterrichts mit dem Student Response Systems positiv auf das Lernklima auswirken könnte.

Es zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe die Lernklima-Dimensionen im Posttest zwar nicht signifikant anders bewerten als im Prätest, jedoch deuten die negativen Entwicklungen von Prä- zu Posttest in den Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“, „Anforderungen und Verständlichkeit“ und „Relevanz der Themen“ in der Kontrollgruppe ebenfalls implizit auf einen positiven Effekt des Unterrichts mit ARSnova hin.

Die Ursachen für die negativen Entwicklungen in der Bewertung der Lernklima-Dimensionen „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Anforderungen – Verständlichkeit“ in der Kontrollgruppe lassen sich mit der Tatsache, dass es sich bei den untersuchten Klassen um Klassen handelt, die erst seit einigen Wochen Unterricht im Fach Chemie haben, begründen. An dem teilnehmenden Gymnasium wird der Unterricht im Fach Chemie erst seit Beginn der 6. Klasse erteilt. Der Beginn der Studie mit den Themen der Unterrichtseinheit, lag nach den Herbstferien. Die Klassen hatten somit erst wenige Stunden Chemieunterricht. Die Themen, die in diesen ca. 8 Wochen unterrichtet wurden, befassten sich mit dem Verhalten im Umgang mit Chemikalien und beim Experimentieren, einer Einführung in den Aufbau, die Bedienung und Funktionsweise des Bunsenbrenners und einer Thematisierung einfacher Stoffeigenschaften und der Aggregatzustände. Innerhalb der durchgeführten Unterrichtseinheit wird ein einfaches Teilchenmodell eingeführt und beobachtbare Prozesse wie der Wechsel von

Aggregatzuständen oder die Löslichkeit eines Feststoffs in Wasser immer wieder auf Teilchenebene visualisiert. Dies verlangt von den Schülern ein hohes Abstraktionsvermögen (Friedrich & Oetken, 2016) und stellt somit höhere kognitive Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler als die im Vorfeld der Studie vermittelten Inhalte.

Gerade in der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“ zeigen sich die Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova deutlich. Im Vorfeld der Studie stimmen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe den Items dieser Lernklima-Dimension bereits mehr zu als die Schülerinnen und Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe, wenngleich der Unterschied nicht signifikant ist. Der Wilcoxon-Test zeigt deutlich, dass die bereits geringere Zustimmung dieser Lernklima-Dimension in der Kontrollgruppe durch den herkömmlichen Unterricht signifikant abnimmt und in der Interventionsgruppe positive Entwicklungen zu erkennen sind, die knapp nicht signifikant sind (siehe Tabelle 18). Somit zeigen sich nach der Unterrichtseinheit signifikante Unterschiede in dieser Lernklima-Dimension.

Im Gegensatz zum 6. Jahrgang sind die Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova in den 10. Klassen dagegen weniger deutlich. Im Posttest lässt sich lediglich ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Lernklimadimension „Fachbezug“ feststellen. Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, schätzen den „Fachbezug“ im zurückliegenden Chemieunterricht signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Dieser signifikante Unterschied resultiert aus der signifikant schlechteren Einschätzung dieser Lernklima-Dimension durch die Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe im Posttest verglichen mit dem Prätest. In den anderen Lernklima-Dimensionen zeigt sich dagegen kein signifikanter Unterschied zwischen den Einschätzungen im Prä- und im Posttest.

Hinsichtlich der zu beantwortenden **Forschungsfrage 1:**

Welche Auswirkungen auf das Lernklima lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova feststellen? muss angemerkt werden, dass die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung und der Auswertung der beiden Jahrgänge daraufhin deuten, dass besonders die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ durch den Unterricht mit ARSnova beeinflusst wird. Hinsichtlich der anderen erhobenen Lernklima-Dimensionen zeigen sich die vorliegenden Ergebnisse in beiden Jahrgängen uneinheitlich. Im 6. Jahrgang zeigen die vorliegenden Ergebnisse durchaus positive Tendenzen des Unterrichts mit ARSnova, insbesondere hinsichtlich der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“.

Im 10. Jahrgang lassen sich dagegen neben der bereits angesprochenen Auswirkung des Unterrichts mit ARSnova auf die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ keine weiteren Auswirkungen feststellen. Zur Bestätigung der vorliegenden Ergebnisse und zur Überprüfung, wie sich ein Unterricht unter Einsatz von ARSnova ohne technische Probleme auf die Bewertung der Lernklima-Dimensionen auswirken könnte, sollten daher weitere Studien an anderen Schulen/ Schulformen durchgeführt werden.

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung zeigen sowohl für die Mädchen und die Jungen der Interventionsgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen Prä- und Posttest in den Einschätzungen der Lernklima-Dimensionen. Ein Vergleich der Mädchen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, mit den Jungen der gleichen Gruppe zeigt

dagegen, signifikante Unterschiede in der Einschätzung der Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“. Die Mädchen der Interventionsgruppe sind eher der Einschätzung, dass die Unterrichtsinhalte durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova verständlich geworden sind und ihren Anforderungen entsprechen als die Jungen.

Weitere Ergebnisse liefern Anhaltspunkte, dass sich der Unterricht mit ARSnova etwas positiver auf die Wahrnehmung des Lernklimas der Mädchen auszuwirken scheint. So bewerten die Mädchen, die mit ARSnova gearbeitet haben, die Lernklima-Dimensionen „Anforderungen und Verständlichkeit“, „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ signifikant höher als die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Wenngleich bereits im Vorfeld der Studie die Mädchen der Interventionsgruppe eher der Meinung waren, dass die Unterrichtsinhalte ihren Anforderungen entsprechen und verständlich übermittelt werden.

Zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe lassen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der Lernklima-Dimensionen feststellen. Auffällig ist zudem, dass bei den Jungen der Kontrollgruppe die Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Anforderungen und Verständlichkeit“, bei den Mädchen der Kontrollgruppe die Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Relevanz der Themen“ nach der durchgeführten Unterrichtseinheit signifikant schlechter bewertet werden als vor der Studie.

Die vorliegenden Ergebnisse der getrennten Auswertung der beiden Jahrgangsstufen zeigen kein einheitliches Bild.

Im 6. Jahrgang zeigen sich ebenfalls Tendenzen, die erkennen lassen, dass sich der Unterricht mit ARSnova eher auf die Einschätzung des Lernklimas der Mädchen auszuwirken scheint als auf die der Jungen, wenngleich sich für beide Gruppen keine messbare Veränderungen der Einschätzungen der Lernklima-Dimensionen zwischen Prä- und Posttest feststellen lassen. Ein Vergleich der Mädchen und Jungen dieser Gruppe zeigt jedoch im Posttest eine signifikant höhere Bewertung der Lernklima-Dimension „Fachbezug“ durch die Mädchen.

Interessanterweise zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Mädchen der 6. Jahrgangsstufe, die mit ARSnova gearbeitet haben, alle Lernklima-Dimensionen signifikant höher bewerten als die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Insbesondere lässt sich bei den Mädchen der Kontrollgruppe eine signifikant schlechtere Bewertung der Lernklima-Dimension „Allgemeine Zufriedenheit“ und „Relevanz der Themen“ beobachten.

Der Unterricht mit ARSnova scheint dagegen keinen Einfluss auf die Einschätzung des Lernklimas durch die Jungen zu haben, da weder im Posttest Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen zwischen den Jungen der Kontroll- und der Interventionsgruppe vorliegen, noch lassen sich für beide Jungengruppen signifikanten Änderungen in der Einschätzung der Lernklima-Dimensionen zwischen Prä- und Posttest feststellen.

Die vorliegenden Ergebnisse der Auswertung der Auswirkungen des Unterrichts mit ARSnova auf die Einschätzung des Lernklimas durch die Schülerinnen bzw. Schüler des 10. Jahrgangs weisen dagegen einige Unterschiede zum 6. Jahrgang auf.

Hier lassen sich keine Unterschiede in der Bewertung der Lernklima-Dimensionen nach dem Unterricht mit ARSnova zwischen den Mädchen und Jungen feststellen. Auch zeigen sich zwischen den Mädchen

der Interventionsgruppe und den Mädchen der Kontrollgruppe nach der durchgeführten Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der Lernklima-Dimensionen. Auffällig ist zudem, dass sich der Unterricht mit ARSnova negativ auf die „Allgemeine Zufriedenheit“ der Schülerinnen ausgeübt hat. Bei den Jungen der Interventionsgruppe lassen sich dagegen keine signifikanten Änderungen in den Lernklima-Dimensionen zwischen Prä- und Posttest feststellen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Auswertung des 6. Jahrgangs bewerten die Jungen, die mit ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ signifikant höher als die Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden.

6.2 Auswirkungen auf die Lernmotivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie

Im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie werden neben der intrinsischen Motivation vier Formen der extrinsischen Motivation unterschieden, die sich durch den Grad der Selbstbestimmung unterscheiden.

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung zeigen einige Tendenzen zur Auswirkung des Unterrichts mit dem Student Response System ARSnova auf die Lernmotivation. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass es zwischen den Schülerinnen und Schülern, die mit ARSnova unterrichtet wurden und den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, auch nach der Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede in der intrinsischen Motivation gibt. Sowohl der herkömmliche Unterricht als auch der Unterricht mit ARSnova führen nicht zu einer signifikanten Veränderung der intrinsischen Motivation bei den Schülerinnen und Schülern der jahrgangsübergreifenden Stichprobe.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Ausprägungen der extrinsischen Lernmotivation lassen sich jedoch nach dem Unterricht mit ARSnova Unterschiede in der identifizierten Regulation feststellen. Diese Form der extrinsischen Motivation, die in stärkerem Ausmaß schon durch Erfahrung von Autonomie charakterisiert ist, ist bei den Schülerinnen und Schülern, die mit ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit signifikant stärker ausgeprägt als bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Man kann davon ausgehen, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe die unterrichteten Unterrichtsinhalte durch den Einsatz von ARSnova für persönlich relevanter erachten als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe und ein „persönliches Interesse“ am Lerngegenstand ausbilden.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass innerhalb der Interventionsgruppe zwischen Prä- und Posttest keine signifikanten Veränderungen in den Ausprägungen der extrinsischen Motivation feststellbar sind. Der herkömmliche Unterricht führt dagegen zu einer signifikanten Abnahme der identifizierten Regulation bzw. der introjizierten Regulation.

Insgesamt zeigen die jahrgangsübergreifenden Ergebnisse jedoch geringe Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern beider Gruppen. So gibt es hinsichtlich des Grades der wahrgenommenen Selbstbestimmung ebenso wenig, wie in der Amotivation nach der durchgeführten Unterrichtseinheit Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Im 6. Jahrgang zeigen sich im Posttest zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe ebenfalls in der identifizierten Regulation signifikante Unterschiede. So führt der Unterricht mit ARSnova dazu, dass die Schülerinnen und Schüler die Unterrichtsinhalte als persönlich bedeutsam erachten und sich aus diesem Antrieb stärker mit ihnen beschäftigen.

Auffällig ist, dass die identifizierte Regulation bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe von Prä- zu Posttest zu und bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe signifikant abnimmt. Über die Gründe kann im Rahmen dieser Studie keine Auskunft gegeben werden. Es kann jedoch vermutet werden, dass durch den Einsatz von ARSnova und der Durchführung des „Question Cycle“ die Unterrichtsatmosphäre als angenehm empfunden wird und so die Schülerinnen und Schüler stärker motiviert, sich aus eigenem Antrieb mit dem Unterrichtsinhalten zu beschäftigen.

Auffällig ist zudem, dass nach dem Unterricht mit ARSnova die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe eine signifikant höhere Amotivation im Fach Chemie aufweisen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Dies könnte eine Folge der komplexen Unterrichtsinhalten mit der Thematisierung des Teilchenmodells sein. Die eine andere kognitive Herausforderung darstellen als die im bisherigen Anfangsunterricht thematisierten Inhalte.

Im 10. Jahrgang zeigen sich dagegen weder in der intrinsischen Motivation und den Ausprägungen der extrinsischen Motivation noch in der Amotivation signifikante Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe.

Zwischen Prä- und Posttest lässt sich lediglich bei den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe eine Abnahme der identifizierten Regulation, wie sie zuvor schon bereits für die Kontrollgruppen des 6. Jahrgangs und der jahrgangsübergreifenden Auswertung festgestellt werden konnten, feststellen.

Vor dem Hintergrund der zu beantwortenden Forschungsfragen

Forschungsfrage 2:

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Einflüsse auf die Lernmotivation feststellen?

Forschungsfrage 2a:

Welche Einflüsse lassen sich durch die Verwendung von ARSnova im Chemieunterricht auf die intrinsische Lernmotivation, verschiedene Faktoren der extrinsischen Lernmotivation, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation im Fach Chemie feststellen?

lässt sich insgesamt festhalten, dass die vorliegenden Ergebnisse nicht ganz einheitlich ausfallen. Es lassen sich jedoch positive Tendenzen des Einsatzes von ARSnova im Unterricht auf die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler insbesondere der identifizierten Regulation aufzeigen. Die Auswirkungen auf die identifizierte Regulation fallen bei den Schülerinnen und Schülern der 6.Jahrgangsstufe wie oben beschrieben deutlicher aus als bei den Schülerinnen und Schülern der 10. Jahrgangsstufe.

Die handlungsleitenden Motive der intrinsischen Motivation und der identifizierten Regulation lassen sich nach Thomas & Müller (2011) als „ich will“ beschreiben, während bei der externalen Regulation die handlungsleitenden Motive als „ich muss“ beschrieben werden können.

Die intrinsische Motivation bzw. die identifizierte Motivation sind somit wünschenswert, da sie die freiwillige Auseinandersetzung mit relevanten Unterrichtsinhalten und tiefgreifenden Lernprozessen in Zusammenhang gebracht werden (Ryan & Deci, 2000). Sie werden als selbstbestimmt wahrgenommen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen daher speziell für den 6. Jahrgang positive Tendenzen auf, dass sich mit dem gewählten Einsatz des Student Response Systems ARSnova ein Unterrichtsszenario schaffen lässt, dass die wahrgenommene Selbstbestimmung der Schülerinnen und Schüler im Unterricht beeinflusst und so die freiwillige Auseinandersetzung mit den Unterrichtsinhalten des Faches Chemie gefördert werden. Auch andere Studien berichten davon, dass durch den Einsatz von Student Response Systemen Studentinnen und Studenten bzw. Schülerinnen und Schüler die Lernatmosphäre als positiv empfunden werden und die freiwillige Auseinandersetzung mit den jeweiligen Fachinhalten fördern (Hall et al., 2005 Liu et al., 2017; Vital, 2012; Baltaci-Goktalay, 2016).

Dem Autor sind jedoch keine Untersuchungen des Einsatzes von ARSnova an einer deutschen Schule bekannt, die die Auswirkungen auf die Lernmotivation untersuchen. Die vorliegenden Ergebnisse liefern daher Anhaltspunkte, welchen Einfluss der Einsatz dieses Student Response Systems auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Motivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1985; Ryan & Deci, 2000) ausüben könnten.

Zur Bestätigung der durch die vorliegenden Ergebnisse aufgezeigten Tendenzen sollten weitere Studien an anderen Schulen unter Einsatz des gewählten Unterrichtsszenarios und dem Student Response System ARSnova durchgeführt werden.

Hinsichtlich der geschlechterspezifischen Auswertung zeigen sich die vorliegenden Ergebnisse uneinheitlich. Es gibt jedoch einige Anhaltspunkte, dass sich der Einsatz von ARSnova positiver auf die Lernmotivation der Mädchen, insbesondere in Jahrgang 6. auszuwirken scheint.

Die Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung des Posttests zeigen, dass sich der Einsatz von ARSnova nur sehr gering auf die Lernmotivation der Jungen auszuwirken scheint. So gibt es zwischen den Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, und den Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden, keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der intrinsischen und den Regulationsstilen der extrinsischen Motivation, sowie dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation. Der Unterricht mit ARSnova führt bei den Jungen lediglich zu einer Abnahme der introjizierten Regulation. Eine Form der extrinsischen Motivation, die durch ein relativ geringes Maß an Selbstbestimmung charakterisiert werden kann.

Deutlicher fallen die Ergebnisse beim Vergleich der Mädchen der Interventionsgruppe mit den Mädchen der Kontrollgruppe aus. Hier zeigt sich, dass der Unterricht mit ARSnova zu einem signifikant höheren Selbstbestimmungsindex und somit zu einer signifikant höheren wahrgenommenen Selbstbestimmung bei den Mädchen der Interventionsgruppe führt. Auffällig ist zudem, dass der Unterschied zwischen den beiden Mädchengruppen hinsichtlich der intrinsischen Motivation, das geforderte Signifikanzniveau von 95 % mit einer asymptotischen Signifikanz von $p= 0,058$ zugunsten der Mädchen der Interventionsgruppe nur knapp verfehlt.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich der Unterricht mit ARSnova positiver auf die Lernmotivation der Mädchen auswirken könnte. Zwar lassen sich mittels Wilcoxon-Tests durch den

Unterricht mit ASRnova bei den Mädchen keine signifikanten Veränderungen in den erhobenen Regulationsstilen, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation feststellen, jedoch deuten die negativen Tendenzen der Mädchen der Kontrollgruppe implizit eine positive Tendenz des Einsatzes von ARSnova an. So zeigt sich, dass die Mädchen der Kontrollgruppe nach der Unterrichtseinheit eine geringere identifizierte und introjiziierte Regulation aufweisen als vor der Durchführung.
Des Weiteren zeigen die vorliegenden Ergebnisse im Posttest keine Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen hinsichtlich der erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation.

Die Ergebnisse der jahrgangsinternen Auswertungen zeigen sich uneinheitlich. Im 6. Jahrgang lassen sich durchaus positivere Tendenzen des Einsatzes von ARSnova auf die Mädchen ableiten. So zeigen sich zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe nach der durchgeführten Unterrichtseinheit keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Regulationsstile, dem Grad der wahrgenommenen Selbstbestimmung und der Amotivation. Anhand der durchgeführten Wilcoxon-Tests lassen sich für beide Jungengruppen keine signifikanten in den Ausprägungen der Lernmotivation zwischen Prä- und Posttest feststellen.
Ein anderes Bild zeigt sich dagegen beim Vergleich der Mädchengruppen. Der Unterricht mit ARSnova führt zu einer höheren identifizierten Regulation der Mädchen verglichen mit dem herkömmlichen Unterricht.
Es zeigen sich zwar durch den Unterricht mit ARSnova auch bei den Mädchen der 6. Jahrgangsstufe keine signifikanten Veränderungen in den erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation zwischen Prä- und Posttest, jedoch deuten die negativen Entwicklungen der Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden, hinsichtlich der identifizierten Regulation zwischen Prä- und Posttest implizit auf einen positiven Effekt von ARSnova hin. Wenngleich angemerkt werden muss, dass auch die introjizierte Regulation bei den Mädchen der Kontrollgruppe abnimmt.
Es muss jedoch angemerkt werden, dass nach dem Unterricht mit ARSnova keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und den Jungen der Interventionsgruppe hinsichtlich der intrinsischen Motivation, den Regulationsstilen der extrinsischen Motivation, der Amotivation und dem Grad der Selbstbestimmung vorliegen.
Die Ergebnisse der geschlechtsspezifischen Auswertung des 10. Jahrgangs zeigen dagegen nur sporadische Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen. So lassen sich im Prä- und im Posttest sowohl zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe als auch zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Mädchen der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede in den erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation feststellen.
Auch zwischen den Mädchen der Interventionsgruppe und den Mädchen der Kontrollgruppe gibt es im Posttest keine signifikanten Unterschiede.
Signifikante Abnahmen zwischen Prä- und Posttest lassen sich für die Jungen der Interventionsgruppe und den Mädchen der Kontrollgruppe hinsichtlich der identifizierten Regulation feststellen.
Insgesamt gibt es wenige Studien, die geschlechtsspezifischen Auswirkungen von Student Response Systemen untersuchen (Kay, 2009). Einige wenige Studien, die sich mit den Auswirkungen von Student

Response Systemen auf die Lernmotivation befassen, (vgl. Roush, 2016) setzen ihren Fokus auf die Selbstwirksamkeitserwartung. Dem Autor sind daher auch keine Studien bekannt, die die geschlechterspezifischen Auswirkungen des Student Response Systems ARSnova vor dem Hintergrund der Selbstbestimmungstheorie systematisch untersuchen. Die aufgezeigten Tendenzen sollten daher durch weitere Studien an anderen Schulen überprüft werden.

6.3 Einfluss auf die schulbezogene Selbstwirksamkeit

Die Untersuchungen zeigen, dass der Einfluss des Unterrichts unter Einsatz des Student Responses Systems ARSnova unterschiedliche Auswirkungen auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler hat.

In der Literatur sind die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung durchaus positiv, so konnten Hunsu et al. (2016) in ihrer Metaanalyse herausfinden, dass sich der Einsatz des Student Response Systems besonders positiv auf die Selbstwirksamkeitserwartung auswirkt. Die wenigen vorliegenden Studien im schulischen Bereich zeigen ebenfalls positive Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung (vgl. Roush, 2016).

Betrachtet man die Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswirkung, so lassen sich sowohl vor als auch nach der durchgeführten Intervention keine Unterschiede in der Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler feststellen. Es liegen zudem in beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen der Einschätzung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prätest und im Posttest vor. Diese Ergebnisse stehen nicht im Einklang mit den oben bereits angesprochenen gefundenen positiven Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung in anderen Studien (vgl. Hunsu, 2016; Roush, 2016). Es zeigen sich jedoch unterschiedliche Tendenzen in der Entwicklung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung der Jungen und der Mädchen. Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den Schülerinnen und Schülern, die am Unterricht mit dem Student Response System ARSnova teilgenommen haben, zeigen im Prätest und im Posttest zwar keine signifikanten Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. Die Auswertungen der Mann-Whitney-U-Tests zeigen jedoch, dass im Gegensatz zum Prätest die Mädchen im Posttest einen höheren mittleren Rang erzielen als die Jungen. Die vorliegenden Ergebnisse legen daher die Vermutung nahe, dass besonders die Mädchen vom durchgeführten Unterricht mit dem Student Response System ARSnova profitieren. Der Vergleich der Mädchen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, mit den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden, zeigt dann auch im Posttest einen signifikanten Unterschied in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung, der so im Prätest nicht messbar war. Dieser signifikante Unterschied ist beim Vergleich der Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe nicht messbar. Mittels Wilcoxon-Tests lässt sich zwar keine signifikante Steigerung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen feststellen, jedoch sind die Tendenzen durchaus positiv, können jedoch aufgrund fehlender Signifikanz nur vermutet werden.

Betrachtet man die Ergebnisse der Auswertungen innerhalb der beiden Jahrgänge so zeigt sich, dass in den 6. Klassen sowohl im Prätest als auch im Posttest signifikante Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen den Schülerinnen und Schülern der

Interventionsgruppe und den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe vorliegen. Im 10. Jahrgang gibt es dagegen sowohl im Prä- als auch im Posttest keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern beider Gruppen.

In beiden Gruppen lassen sich zudem sowohl für die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs als auch für die Schülerinnen und Schüler des 10. Jahrgangs keine signifikanten Veränderungen in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest feststellen. Der durchgeführte Unterricht mit dem Student Response System ARSnova führt somit nicht zu einer messbaren Steigerung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung, jedoch ist im 6. Jahrgang die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, sowohl vor als auch nach der durchgeführten Unterrichtseinheit größer als die der Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Auswirkungen des Unterrichts mit ARSnova auf die Geschlechter muss angemerkt werden, dass die Schülerinnen des 10. Jahrgangs, die mit ARSnova unterrichtet wurden, sowohl im Prä- als auch im Posttest eine signifikant höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen als die Schülerinnen die herkömmlich unterrichtet wurden. Zwischen den Jungen der Kontrollgruppe und den Jungen der Interventionsgruppe lassen sich dagegen sowohl im Prä- als auch im Posttest keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung feststellen.

Zudem haben die Mädchen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben, nach der Unterrichtseinheit eine signifikant höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung als die Jungen, die ebenfalls am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben. Dieser Unterschied war so vor Beginn der Studie nicht messbar.

Im 6. Jahrgang zeigt sich ein ähnliches Bild. So ist die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Mädchen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben, nach der Unterrichtseinheit signifikant höher als die der Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Dieser signifikante Unterschied war im Gegensatz zum Vergleich der Mädchen im 10. Jahrgang vor der Unterrichtseinheit nicht messbar.

Zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe und den Mädchen und Jungen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben, zeigen sich dagegen diese Tendenzen nicht.

Insgesamt legen die Beobachtungen die Vermutung nahe, dass sich der Einsatz ARSnova im Unterricht positiver auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Mädchen auswirken könnte. Nach Bandura (1997) kann die Selbstwirksamkeitserwartung durch vier Quellen beeinflusst werden: (1) Eigene Erfolgserfahrungen, (2) stellvertretende Erfahrungen durch Beobachtung von Verhaltensmodellen, (3) verbale Überzeugungen, (4) Wahrnehmung eigener Gefühle.

Den stärksten Einfluss auf die Selbstwirksamkeit üben Erfolgserfahrungen aus, die den eigenen Anstrengungen und Fähigkeiten zugeschrieben werden. Durch den gewählten Unterrichtsansatz mit ARSnova haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit anonym auf chemische Fragestellungen des Unterrichts in Form von Multiple-Choice und freien Textantworten zu antworten.

Durch das im Anschluss an die Bearbeitung einer Aufgabe in ARSnova sofortige Darstellen der Ergebnisse in Form von Histogrammen oder dem Vorlesen von gegebenen Schülerantworten in Form von freien Textantworten mit anschließender Diskussion der Richtigkeit erhalten die Schülerinnen und Schüler sofort Rückmeldungen zu ihren gegebenen Antworten und den gegebenen Antworten ihrer Klasse. Diese Erfolgserfahrungen und das Schaffen einer angenehmen Unterrichtsatmosphäre sollten sich nachhaltig auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserfahrung auswirken.

Durch die anonyme Abgabe der Antworten werden insbesondere Hemmungen abgebaut sich vor der Klasse zu äußern. Diese Hemmungen sich vor der Klasse zu äußern und sich aktiv an fachlichen Diskussionen zu beteiligen, sind bei den Mädchen vermutlich etwas stärker ausgeprägt als bei den Jungen. Auf die Frage, was ihnen besonders gut am Unterricht mit ARSnova gefallen habe, hoben gerade die Mädchen besonders die anonyme Stimmabgabe hervor. So finden sich beispielsweise Aussagen wie: *„Es war abwechslungsreich und man hat sich nicht für seine Antwort geschämt; ich denke dadurch ist mein Selbstvertrauen ein wenig gesteigert.“* oder *„Dass man schreiben konnte was man dachte und niemand wusste von wem es kommt.“*

Dies konnte ein Grund sein, weshalb gerade die Mädchen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben, im Posttest eine signifikant höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen in beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zwischen Prä- und Posttest messbar sind. Ein Vergleich der Mädchen und Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, zeigt zudem sowohl im Prä- als auch im Posttest nur für den 10. Jahrgang signifikante Unterschiede in der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung.

Zusammenfassend lassen sich hinsichtlich der zu beantwortenden **Forschungsfrage 2b:**

Welcher Effekt lässt sich auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova feststellen? anmerken, dass die Ergebnisse der durchgeführten Studie keine signifikante Zunahme der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova, sowohl für die jahrgangsübergreifende als auch für die jahrgangsinternen Auswertungen, zeigen.

Die gefundene höhere Selbstwirksamkeitserwartung der Mädchen der Interventionsgruppe im Vergleich zu den Mädchen der Kontrollgruppe im Posttest legt die Vermutung nahe, dass das gewählte Unterrichtsszenario unter Einsatz des „Question Cycle“ (Dufresne et al., 1996) und dem Einsatz des Student Response Systems ARSnova sich besonders positiv auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserfahrung der Schülerinnen auswirken könnten.

Um genauere Aussagen über den Einfluss des Unterrichts mit ARSnova und die Auswirkungen auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung treffen zu können, sollten jedoch weitere Studien mit Schülerinnen und Schülern der gewählten Altersklasse an anderen Schulen durchgeführt werden.

6.4 Einschätzung der eigenen Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung der Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration der Schülerinnen und Schüler zeigen einige positive Tendenzen des Unterrichts mit ARSnova auf.

So zeigt sich, dass zwischen den Schülerinnen und Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, und den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, im Posttest signifikante Unterschiede in den Einschätzungen der Mitarbeit und Konzentration vorliegen. So bewerten die Schülerinnen und Schüler ihre eigene Mitarbeit und Konzentration in den zurückliegenden Stunden höher als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Diese signifikanten Unterschiede in den Bewertungen resultieren aus einer signifikanten Abnahme der Einschätzung der Mitarbeit und Konzentration der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Während bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe keine Veränderungen in den Einschätzungen zwischen Prä- und Posttest vorliegen. Die Ergebnisse deuten somit nur indirekt auf einen positiven Effekt des Einsatzes von ARSnova auf die Konzentration und Mitarbeit an, so wie er auch in vielen Studien im Hochschulkontext nachgewiesen wurde (Kay and LeSage, 2009; Lantz, 2010; Gok, 2011).

Auffällig ist zudem, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Prätest ihre eigene Aufmerksamkeit signifikant höher bewerten als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Dieser signifikante Unterschied ist jedoch im Posttest nicht mehr messbar. Dies deutet daraufhin, dass sich die positive Einschätzung der Wirkung des Student Response Systems auf die Aufmerksamkeit, die in Studien im Hochschulkontext durchgeführt wurden (Landrum, 2013; Russell et al., 2011; Kay and LeSage, 2009) und in geringerem Maße auch im schulischen Bereich (Kay & Knaack, 2009) nachgewiesen wurden, sich für die jahrgangsübergreifende Auswertung dieser Studie nicht bestätigen lassen.

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsinternen Auswertung zeigen, dass sich der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova in beiden Jahrgängen unterschiedlich auf die Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration ausgewirkt hat.

Auffällig ist, dass die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs nach dem Unterricht mit dem Student Response System ARSnova sowohl ihre eigene Aufmerksamkeit, ihre eigene Mitarbeit, als auch ihre eigene Konzentration signifikant höher einschätzen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Das regelmäßige Einbinden von Fragen und Aktivitäten in die Unterrichtsstunde gemäß des von Dufresne et al. (1996) entwickelten „Question Cycle“ mittels ARSnova führt zu einem messbaren Anstieg der Einschätzung der eigenen Konzentration während des Chemieunterrichts. Die Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet werden, schätzen dagegen ihre eigene Konzentration nach der Unterrichtseinheit schlechter ein. Dies ist nicht verwunderlich, da die Inhalte der Unterrichtseinheit mit ihren Bezügen auf Teilchenebene deutlich schwieriger und abstrakter sind als die im Vorfeld der Studie thematisierten Unterrichtsinhalte. Dies führt bei den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet werden, zu einer signifikant schlechteren Einschätzung der

eigenen Mitarbeit während der Unterrichtseinheit. Die sich schließlich auch in einer unkonzentrierten Arbeitsweise widerspiegeln.

Durch das Student Response System ARSnova und das Einbinden von Fragen werden die Schülerinnen und Schüler stärker in das Unterrichtsgeschehen eingebunden. Zum einen durch das Bearbeiten der Arbeitsaufträge mittels digitalen Endgeräts und dem Programm ARSnova, zum anderen durch die sich an diese Bearbeitung anschließenden Arbeitsphasen. Daher ist bei den Klassen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, diese signifikante Verschlechterung der Einschätzung der eigenen Mitarbeit von Prä- zu Posttest nicht messbar. Dieser positive Effekt des Einsatzes des Student Response Systems auf die Mitarbeit deckt sich mit zahlreichen Studien (Kay and LeSage, 2009; Lantz, 2010; Vital, 2012; Landrum, 2013). Durch den Einsatz des Student Response System ARSnova kommt es bei den 6. Klassen zwar nicht zu einer messbaren signifikanten Steigerung der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit während des Chemieunterrichts verglichen mit dem vor der Studie durchgeführten herkömmlichen Unterricht, jedoch schätzen die Schülerinnen und Schüler, die während des Unterrichts mit ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit ihre Aufmerksamkeit in den zurückliegenden Stunden signifikant höher ein als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Diese positive Einschätzung der Wirkung des Student Response Systems auf die Aufmerksamkeit wurde in Studien im Hochschulkontext (Landrum, 2013; Russell et al., 2011; Kay and LeSage, 2009) und in geringerem Maße auch im schulischen Bereich (Kay & Knaack, 2009) ebenfalls nachgewiesen.

Die positiven Auswirkungen auf die eigene Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit im 6. Jahrgang lassen sich anhand der vorliegenden Daten nicht auf die Schülerinnen und Schüler des 10. Jahrgangs übertragen.

Bereits im Vorfeld der Studie schätzen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe des 10. Jahrgangs ihre eigene Konzentration im Chemieunterricht signifikant höher ein ($p=0{,}037 < 0{,}05$) als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova nimmt der Unterschied zwischen beiden Gruppen soweit ab, dass nach der Intervention kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen mehr messbar ist. Des Weiteren schätzen die Schülerinnen und Schülern, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, nach der durchgeführten Unterrichtseinheit ihre eigene Aufmerksamkeit signifikant schlechter ein als davor.[31]

Hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Mitarbeit lässt sich zwischen den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe und den Schülerinnen und Schülern nach der Kontrollgruppe nach der Intervention kein signifikanter Unterschied feststellen.

Die vorliegende **Forschungsfrage 3**

Welche Einflüsse lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova auf die Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration der Schülerinnen und Schüler feststellen?

[31] Die negative Entwicklung der Einschätzung der eigenen Aufmerksamkeit resultiert vermutlich auch aus den technischen Schwierigkeiten, die während des Unterrichts mit ARSnova in einer der Lerngruppen aufgetreten sind.

lässt sich daher nicht eindeutig beantworten. Im 6. Jahrgang erhobenen Daten lassen sich durchaus positive Auswirkungen des Unterrichts mit dem Student Response System ARSnova auf die Einschätzung der Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration der Schülerinnen und Schüler dieser Altersklasse ableiten.

Die erhobenen Daten im 10. Jahrgang bestätigen diese positiven Tendenzen jedoch nicht, sondern weisen insbesondere im Bereich der Aufmerksamkeit negative Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf. Diese spiegeln sich dann auch in den Ergebnissen der jahrgangsübergreifenden Auswertung wider, die eine positiven Effekt des Einsatzes von ARSnova auf die Mitarbeit und Konzentration, nicht aber auf die Aufmerksamkeit vermuten lassen.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova zeigt die jahrgangsübergreifende geschlechterspezifische Auswertung einige interessante Entwicklungen. So lassen sich zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe auch nach dem Unterricht mit ARSnova keine signifikanten Unterschiede in den Einschätzungen der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration feststellen. Auffällig ist, dass die Jungen, die mit dem Student Response System ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit ihre eigene Aufmerksamkeit signifikant schlechter bewerten als vor der Durchführung.

Bei den Mädchen der Interventionsgruppe lassen sich dagegen keine signifikanten Veränderungen in den Einschätzungen zwischen Prä- und Posttest feststellen. Insbesondere zeigt sich, dass die Mädchen der Interventionsgruppe im Posttest ihre eigene Konzentration und Mitarbeit höher einschätzen als die Jungen der interventionsgruppe und als die Mädchen der Kontrollgruppe.

Dies deutet daraufhin, dass sich der Unterricht mit ARSnova insbesondere positiv auf die Einschätzung der Mitarbeit und Konzentration der Mädchen auswirken könnte. Diese Vermutung wird noch durch die negativen Entwicklungen in der Bewertung der eigenen Mitarbeit und Konzentration der Mädchen der Kontrollgruppe von Prä- zu Posttest untermauert.

In den wenigen vorliegenden Studien, die die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen geschlechterspezifisch untersuchen, konnten King & Joshi (2008) zeigen, dass Studentinnen während der Vorlesung mehr Antworten über das Student Response System abgeben und somit aktiver während der Vorlesung mitarbeiten als die Studenten.

Hinsichtlich der untersuchten geschlechterspezifischen Unterschiede in den einzelnen Jahrgangsstufen muss angemerkt werden, dass der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova sowohl die Schülerinnen als auch auf die Schüler im 6. Jahrgang gleichermaßen hinsichtlich ihrer Einschätzung der eigenen Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration während des durchgeführten Chemieunterrichts beeinflusst. Hier lassen sich somit keine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen feststellen.

Eine herkömmliche Vermittlung der Inhalte der Unterrichtseinheit führt jedoch bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe zu einer signifikant schlechteren Einschätzung ihrer eigenen Konzentration. Dagegen scheint sich der Unterricht mit dem Student Response System positiv auf die Konzentration der Schülerinnen der Interventionsgruppe auszuwirken, da diese Tendenz bei ihnen nicht zu beobachten ist und sie ihre eigene Konzentration in den zurückliegenden Stunden höher einschätzen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Bei den Jungen wirkt sich dagegen der Unterricht unter Einbeziehung von ARSnova besonders förderlich auf die Mitarbeit aus. Nach der Unterrichtseinheit schätzen sie ihre eigene Mitarbeit signifikant höher ein als die Jungen, die ohne Einbeziehung von ARSnova gearbeitet haben.

Im 10. Jahrgang lassen sich zwischen den Schülerinnen und zwischen den Schülern der Interventionsgruppe hinsichtlich der Einschätzung der eigenen Konzentration nach dem Unterricht mit dem Student Response System ARSnova signifikante Unterschiede feststellen. Die Mädchen scheinen also während des Unterrichts konzentrierter die Aufgaben, die über das Student Response System präsentiert werden, zu bearbeiten als die Jungen. Auch im Vergleich zu den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden, gibt es einen messbaren signifikanten Unterschied in der Einschätzung der eigenen Konzentration in den zurückliegenden Unterrichtsstunden zugunsten der Mädchen der Interventionsgruppe. Dies deckt sich mit den Beobachtungen im 6. Jahrgang.

Entgegen der Jungen im 6. Jahrgang profitiert die Mitarbeit der Jungen des 10. Jahrgangs nicht explizit vom Einsatz des Student Response Systems ARSnova.

Auffällig ist, dass die Aufmerksamkeit sowohl bei den Jungen, als auch bei den Mädchen der 10. Klassen durch den Einsatz des Student Response System abgenommen hat. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass anhand der Untersuchungsergebnisse Tendenzen abgeleitet werden können, wonach sich der Einsatz des Student Response Systems ARSnova besonders positiv auf die Konzentration der Mädchen auszuwirken scheint. Um genauere Aussagen zum Einfluss eines Unterrichts mit ARSnova auf die Einschätzung der Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration während des Chemieunterrichts treffen zu können, müssten jedoch weitere Studien durchgeführt werden. Es ist von besonderem Interesse, wie sich der Einfluss des Unterrichts mit ARSnova auf die Einschätzung der Mitarbeit, Konzentration und Aufmerksamkeit einer 10. Klasse auswirkt, wenn während der Intervention keine technischen Probleme auftauchen und ob sich die in dieser Studie gefundenen positiven Auswirkungen auf die Einschätzung der Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration im 6. Jahrgang bestätigen lassen.

6.5 Einschätzung der Bedienbarkeit von ARSnova

In dem folgenden Kapitel werden die Ergebnisse zur Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova diskutiert und die vorliegende **Forschungsfrage 4a:**

„Wie beurteilen die Schülerinnen und Schüler die Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova?“, beantwortet.

Die vorliegenden Daten einer jahrgangsübergreifenden Auswertung der berechneten „System Usabilty Score“ (SUS) (Brooke, 1996), anhand dessen die Bedienbarkeit von ARSnova beurteilt werden soll, ergeben für eine Gesamtanzahl von N=83 Schülerinnen und Schüler einen Mittelwert von 81,3988. Zieht man zur Bewertung dieses Ergebnisses die von Sauro & Lewis (2012, 2016) entwickelte Bewertungsskala heran, so wird die Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova durch die Schülerinnen und Schüler mit einem Rang A bewertet. Dies spricht dafür, dass die Schülerinnen und Schüler wenig bis keine Probleme bei der Bedienung des Student Response Systems ARSnova haben. Einen ähnlichen Wert wie der, der in der Studie ermittelt wurde, erzielt in einer Studie beispielsweise die Bedienbarkeit der Internetpräsenz von Amazon, die mit einem Mittelwert 81,8 und einem Rang A

ausgewiesen wird (Kortum & Bangor, 2013). Der durchgeführte Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs eine signifikant höhere „System Usability Score“ vergeben und daher das Student Response System ARSnova besser bewerten als die Schülerinnen und Schüler des 10. Jahrgangs.

Der Einsatz und die Akzeptanz des Student Response Systems ARSnova sind maßgeblich von einer stabilen WLAN-Verbindung abhängig. Dies konnte gerade in den 10. Klassen nicht immer gewährleistet werden. Des Weiteren sind die Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse schon etwas erfahrender im Umgang mit dem Smartphone und den entsprechenden Applikationen. Dies könnte zu einer anderen Erwartungs- und Anspruchshaltung an ein Student Response System führen und sich in einer etwas kritischeren Beurteilung von ARSnova widerspiegeln. Sicherlich sind gerade jüngere Schüler auch etwas enthusiastischer, wenn es um den Umgang mit Computern geht (vgl. Colley & Comber, 2003) und gerade ältere Schüler sind mehr an traditionelle Unterrichtsmethoden gewöhnt und daher etwas skeptischer im Umgang mit Student Response Systemen (Preszler et al., 2007).

Berechnet man für beide Jahrgänge getrennt den erzielten Mittelwert der „System Usability Score“, so erreichen die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs einen Mittelwert von 88,2143 und die Schülerinnen und Schüler des 10. Jahrgangs von 71,8571.

Der sehr hohe Wert für die „System Usability Score“ im 6. Jahrgang zeigt, dass die Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova von den Schülerinnen und Schülern der 6.Klassen als sehr gut eingeschätzt wird. Nach Bangor et. al (2008) handelt es sich bei Produkten mit einer System Usability Punktzahl von 85 um exzellente Produkte, dieser Wert wird sogar noch überschritten. Zieht man zur Bewertung die Sauro & Lewis „curved grading scale“ heran, so entspricht der ermittelte Wert von 88,23 einem Rang A+. Die Bedienbarkeit von ARSnova wird von den Schülerinnen und Schülern der 6. Klassen somit als exzellent eingeschätzt.

Gemäß Bangor et al. (2008) kann die Bedienbarkeit von ARSnova aufgrund der Einschätzung der 10. Klassen mit dem Adjektiv „gut“ bezeichnet werden. Auf der „curved grade scale (CGS)“ von Sauro & Lewis (2012) erreicht die Bedienbarkeit von ARSnova einen respektablen Rang von C+.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler bereits nach einer kurzen Eingewöhnungszeit gut mit dem Student Response System ARSnova arbeiten und generell wenig Probleme mit der Bedienung des Programms haben. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der von Gröblinger et al. (2016) durchgeführten Untersuchung zum Einsatz von ARSnova an der Universität Innsbruck. Die während der Durchführung der Studie aufgetretenen Probleme resultieren hauptsächlich aus einer mangelhaften Verbindung zum schuleigenen WLAN oder dem ARSnova-Server. Diese schmälern die Einschätzung der Schülerinnen und Schüler etwas. Die gefunden Ergebnisse decken sich ebenfalls mit anderen an der Universität durchgeführten Studien zum Einsatz von ARSnova (vgl. Gröblinger et. al., 2016).

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass es sowohl für die jahrgangsübergreifende Stichprobe, als auch innerhalb der beiden Jahrgangsstufen 6 und 10 keine Unterschiede zwischen den Mädchen und den Jungen hinsichtlich der Bewertung der Bedienbarkeit von ARSnova während des Unterrichts gibt. So erzielen die Mädchen in der jahrgangsübergreifenden Stichprobe einen Mittelwert von 82,9688 für die „System Usability Score“ und die Jungen von 79,1429. Gemäß Sauro & Lewis (2012) kann der

wahrgenommenen Bedienbarkeit des Student Response System ARSnova der Jungen der Rang A- und der der Mädchen der Rang A zugeordnet werden.

6.6 Einstellung zum durchgeführten Unterricht mit ARSnova

Viele Studien (vgl. Wit, 2003; Caldwell, 2007) zum Einsatz von Student Response Systemen an der Hochschule zeigen, dass die Studentinnen und Studenten dem Einsatz positiv gegenüberstehen. Diese positive Einstellung zum Einsatz des Student Response Systems ARSnova lässt sich auch bei den Schülerinnen und Schülern der 6. und 10. Klassen beobachten. Im Rahmen der Studie wurde die Einstellung zum Unterricht mit ARSnova durch einen elf Items-umfassenden Fragebogen mit anschließender Mittelwertbildung ermittelt. Für die jahrgangsübergreifende Stichprobe ergibt sich ein Mittelwert von 2,5037. 31 % der Schülerinnen erzielen im Test einen Mittelwert kleiner gleich zwei und stehen dem Unterricht neutral bis ablehnend gegenüber. Demgegenüber erzielen 69 % der Schülerinnen und Schüler im Test Mittelwerte größer als zwei und stehen dem Unterricht unter Einsatz von ARSnova daher moderat positiv bis positiv gegenüber. Diese überwiegend positive Einschätzung des Einsatzes von Student Response Systemen deckt sich mit den Ergebnissen aus Studien an der Hochschule (vgl. Witt, 2003; Draper & Brown, 2004) und den wenigen vorliegenden Studien an der Schule (vgl. Kay, 2019; Kay & Knaack, 2009, Vital, 2012).

Die vorliegenden Daten zeigen, dass für die jahrgangsübergreifende Stichprobe zwischen den Mädchen und den Jungen keine signifikanten Unterschiede in der Meinung zum Unterricht mit dem Student Response System ARSnova vorliegen. Dagegen bewerten die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs den Unterricht mit dem Student Response System ARSnova deutlich positiver als die Schülerinnen und Schüler des 10. Jahrgangs. Hier zeigt sich im durchgeführten Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied in der Meinung zum Unterricht mit ARSnova.

Insgesamt lässt sich die vorliegende **Forschungsfrage 4b:**

Welche Einstellung haben die Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Unterricht mit dem Student Response System ARSnova?

daher nicht völlig eindeutig beantworten. So zeigt der durchschnittlich berechnete Mittelwert für die Gesamtskala von 3,0017 bzw. der berechnete Median von 3,2273, dass die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen insgesamt eine positive Einstellung zum Unterricht mit ARSnova aufweisen. 86,5 % der Schülerinnen und Schüler dieses Jahrgangs erzielen im Gesamttest Mittelwerte größer als zwei und stehen dem durchgeführten Unterricht mit ARSnova tendenziell positiv gegenüber.

So haben die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen bei der Benutzung des Student Response Systems Spaß, was sich in der hohen Zustimmung des entsprechenden Items widerspiegelt. Zudem wird durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova der Unterricht durch die Schülerinnen und Schüler als abwechslungsreicher wahrgenommen. Sie sind durchaus der Ansicht, dass der Einsatz von ARSnova auch auf andere Fächer ausgeweitet werden sollte und dass der Einsatz von ARSnova sich positiv auf ihren Lernerfolg ausgewirkt hat. Die entsprechenden Mittelwerte der betreffenden Items liegen durchweg über dem berechneten Mittelwert der Gesamtskala. Diese positive Einstellung zum Unterricht mit einem Student Response System konnte auch Kay (2019) in einer an Grundschulen durchgeführten Studie zum Einsatz von Student Response Systemen feststellen.

Dagegen stehen die Schülerinnen und Schüler der 10. Klassen dem Unterricht mit ARSnova reservierter gegenüber. Dies zeigt sich in einem deutlich niedrigeren durchschnittlich berechneten Mittelwert von 1,7636 bzw. dem deutlich kleineren Median von 1,7273. Insgesamt erzielen lediglich 42,9 % der Schülerinnen und Schüler dieser Jahrgangsstufe im Gesamttest zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova einen Mittelwert größer als zwei und stehen dem Unterricht moderat positiv bis positiv gegenüber. Kay & Knaack (2009) konnten dagegen in einer Studie mit Schülerinnen und Schülern der 10. bis 12. Klassen eine leicht positive Einstellung zum Einsatz von Student Response Systemen im naturwissenschaftlichen Unterricht feststellen. Die etwas weniger positive Einstellung zum Unterricht mit ARSnova in den 10. Klassen könnte mit den technischen Problemen, insbesondere der mangelhaften WLAN-Verbindung, während des Unterrichts zusammenhängen. Häufig sind es gerade die technischen Probleme, die die Meinung zum Einsatz des Student Response Systems negativ beeinflussen (Barnett, 2006; Kay, 2009).

Die gefundenen Ergebnisse liefern zunächst einmal Anhaltspunkte dafür, ob ein Unterricht mit dem Student Response System ARSnova von den Schülern akzeptiert wird. Um festzustellen, welche Faktoren genau zu den gefundenen Ergebnissen geführt haben, müssten weitere eventuell qualitative Studien durchgeführt werden.

Des Weiteren zeigt sich, dass zwischen den Schülerinnen und Schülern der 10. Klassen keine signifikanten Unterschiede in der Einstellung zum Unterricht mit ARSnova vorliegen. Dagegen bewerten die Jungen aus den 6. Klassen den durchgeführten Unterricht mit ARSnova signifikant besser als die Mädchen dieser Jahrgangsstufe. Die wenigen vorliegenden Studien, die Unterschiede hinsichtlich des Geschlechts beim Einsatz von Student Response Systemen untersuchen, zeigen ebenfalls kein einheitliches Bild (vgl. Cheesman & Winograd, 2008; Kay, 2009). Gründe in der besseren Bewertung seitens der Jungen in Jahrgang 6 könnten im Zusammenhang damit stehen, dass die Jungen im 6. Jahrgang etwas mehr Erfahrung im Umgang mit Computern, Smartphones und Tablet-PCs haben oder insgesamt eine höhere Computerselbstwirksamkeit aufweisen als die Mädchen.

6.7 Auswirkungen auf die Lernleistung

Die vorliegenden Auswertungen der drei durchgeführten Leistungstests zeigen durchaus positive Tendenzen in den Auswirkungen des Unterrichts mit dem Student Response Systems ARSnova auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler.

Im 6. Jahrgang erzielen die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Student Response System ARSnova unterrichtet wurden, im Posttest und im Follow-Up-Test in einigen Aufgaben signifikant höhere Punktzahlen als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden. Zudem erzielen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Follow-Up-Test eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Diese signifikanten Unterschiede waren so zumindest in einigen Aufgaben im Prätest nicht vorhanden.

Hinsichtlich des Leistungszuwachses zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Friedmann-Tests und der durchgeführten paarweisen Vergleiche, dass der Leistungszuwachs bei beiden Gruppen ähnlich verläuft. Unterschiede sind lediglich in der Entwicklung der Lösungen einzelner Teilaufgaben zu finden. Diese fallen aber nicht einheitlich zugunsten einer Gruppe aus.

Die gefundenen teilweise besseren Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Post bzw. Follow-Up-Test stehen im Einklang mit den von Vital (2012) in einem Chemiekurs an einer High-School gefundenen Auswirkungen eines Student Response Systems auf die Lernleistung.

Auffällig ist, dass sich der Einsatz von ARSnova in den 6. Klassen insbesondere bei den Teilaufgaben, die einen besonderen Bezug zur Darstellung, Beschreibung und Interpretation von Zuständen und Prozessen auf Teilchenebene aufweisen, besonders positiv auszuwirken scheint. Hier erzielen die Schülerinnen und Schüler im Posttest und im Follow-Up-Test im Aufgabenkomplex „Teilchen“, einer Zusammenfassung der erzielten Punktzahlen der Aufgabe 2 und der Aufgabenteile 3b, 4b, 5c und 6c, signifikant höhere Punktzahlen als die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Die vorliegenden Ergebnisse für den 10. Jahrgang hinsichtlich der Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf die Lernleistung zeigen ähnlich positive Tendenzen wie im 6. Jahrgang. Sie sind jedoch nicht ganz eindeutig zu interpretieren, da die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe bereits im Prätest im gesamten Leistungstest eine signifikant höhere Punktzahl erzielen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe und demzufolge mehr Vorwissen zu den Unterrichtsinhalten aufweisen. Es ist jedoch auffällig, dass dieser signifikante Unterschied in der Bearbeitung des gesamten Leistungstests auch im Posttest direkt nach der durchgeführten Unterrichtseinheit messbar ist. Die Arbeit mit ARSnova trägt somit maßgeblich dazu bei, dass der im Vorfeld gemessene signifikante Unterschied in der erzielten Gesamtpunktzahl erhalten bleibt. Auffällig ist zudem, dass im Posttest auch die Aufgaben 2, 5 und 7 von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe besser bearbeitet werden als von der Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse zeigen Tendenzen dahingehend, dass sich der Unterricht mit ARSnova förderlich auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler auswirkt.

Es muss an gleicher Stelle jedoch angemerkt werden, dass der im Prätest gemessene signifikante Unterschied in der Bearbeitung der Aufgaben 3 und 4 im Posttest nun nicht mehr messbar ist und auch im Follow-Up-Test erzielen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe lediglich bei der Bearbeitung der Aufgabe 5 eine höhere Punktzahl als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Hinsichtlich des Lernzuwachses zwischen Prä-, Post- und Follow-Up-Test zeigen die Auswertungen keine eindeutigen Tendenzen zugunsten des Unterrichts mit ARSnova, da die Kontroll- und die Interventionsgruppe in einigen Aufgaben einen höheren Lernzuwachs aufweisen und der Lernzuwachs in einigen Aufgaben ähnlich hoch ist.

Die vorliegende **Forschungsfrage 5:**

Lassen sich durch den Einsatz des Student Response Systems ARSnova Auswirkungen auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler feststellen? lässt sich daher nicht eindeutig beantworten. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen sich in beiden Jahrgängen uneinheitlich, zeigen aber durchaus positive Tendenzen des Einsatzes von ARSnova auf die Lernleistung auf. So gelingt den Schülerinnen und Schülern, die mit ARSnova gearbeitet haben, im 6. Jahrgang beispielsweise eine signifikant bessere Bearbeitung des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ und auch im 10. Jahrgang bearbeiten die Schülerinnen und Schülerinnen der Interventionsgruppe den Post-Leistungstest signifikant besser. Insbesondere könnten sich auch im 10. Jahrgang die technischen Probleme, die in einer der 10. Klassen

aufgetreten sind, negativ auf die Leistungen im Posttest ausgewirkt haben, so dass die vorliegenden Ergebnisse nicht ganz eindeutig sind. Die vorliegenden nicht einheitlichen Ergebnisse spiegeln auch den gegenwärtigen Stand der Literatur wider, so werden die Auswirkungen eines Student Response Systems auf die Lernleistung in der Literatur kontrovers diskutiert. Es finden sich sowohl viele Studien, die positive Auswirkungen auf die Lernleistung feststellen (King & Joshi, 2008; Mayer et al., 2009), als auch Studien, die das Gegenteil beobachten (Anthis, 2011; Lasry, 2008).

Insbesondere gibt es wenige Studien zu den Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen an Schulen (vgl. Liu et al., 2017). Die vorliegenden Ergebnisse liefern somit einen Anhaltspunkt, dass sich der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova positiv auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Ähnlich positive Auswirkungen für den Einsatz eines Student Response Systems konnte Vital (2012) im Rahmen eines Chemiekurses an einer High-School zeigen.

Zur Bestätigung der vorliegenden positiven Tendenzen der Auswirkungen des gewählten Einsatzes von ARSnova in den gewählten Jahrgangsstufen, ist es erforderlich weitere Untersuchungen an anderen Schulen und Schulformen vorzunehmen. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher schulinterner Lehrpläne und Kerncurricula lässt sich die konzipierte Unterrichtseinheit mit den gewählten Fragen im Programm ARSnova sicherlich nicht ohne weiteres an anderen Schulen/Schulformen einsetzen.

Die Gründe für die gefunden positiven Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf die Lernleistung und speziell einige Aufgabenkomplexe, wie des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ im 6. Jahrgang lassen sich durch die Studie nicht eindeutig klären.

In der Literatur werden vielfältige Gründe für die positiven Effekte des Einsatzes von Student Response Systemen auf die Lernleistung diskutiert (vgl. Chien et al., 2016). Neben dem Novelty-Effekt werden hier das Stellen von zusätzlichen Fragen, eine Aktivierung des Lernprozesses durch peer discussions oder die Möglichkeit des Feedbacks angeführt (vgl. Mayer et al., 2009; Hunsu et al., 2016; Chien et al. 2016). Diese Gründe können auch für die gefundenen positiven Tendenzen des Einsatzes von ARSnova auf die Lernleistung der durchgeführten Studie verantwortlich sein. Diese wurde so angelegt, dass durch das Verwenden von normierten Arbeitsblättern und Stundenabfolgen das Programm ARSnova so in den Unterrichtsablauf integriert wurde, dass keine zusätzlichen Inhalte im Vergleich zur Kontrollgruppe bearbeitet werden.

Die in ARSnova verwendeten Aufgaben wurden in ähnlicher Weise auch in der Kontrollgruppe thematisiert. Es werden jedoch in der Interventionsgruppe durch das regelmäßige Einbinden von Fragen über das Student Response System ARSnova in Form des „Question Cycle“ (Dufresne et al., 1996) teilweise andere Frageformate (Multiple-Choice-Fragen) in den Unterrichtsablauf integriert. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass sich diese zusätzlichen Fragen positiv auf die Lernleistung ausüben. Durch das gewählte Einsatzszenario von ARSnova in Form des Question Cycle (Dufresne et al., 1996) wird eine breite Beteiligung innerhalb der Klasse gewährleistet. Durch die anonyme Abgabe von Antworten, Ideen und Lösungsvorschlägen haben die Schüler weniger Hemmungen auch falsche Gedanken zu äußern (Witt, 2003). Die Schüler werden dadurch aktiviert und angehalten, sich aktiv mit dem Lerngegenstand auseinanderzusetzen, insbesondere auch in Phasen, in

denen sie sich sonst eher passiv verhalten würden, etwa beim Deuten von Versuchsbeobachtungen oder bei der Erklärung von Prozessen und Zuständen auf Teilchenebene.
Dies könnte sich ebenso lernförderlich auswirken wie das intensive Unterrichtsgespräch im Anschluss der abgegebenen Antworten. Hierdurch erhalten die Schülerinnen und Schüler sofort Rückmeldung darüber, ob ihre Lösungen und Gedanken zutreffend sind. So werden etwaige Fehlvorstellungen thematisiert, angesprochen und größtenteils aufgelöst. Dies scheint sich in einigen Bereichen lernförderlich auf die Schülerinnen und Schüler auszuwirken, kann entscheidend jedoch durch weitere Studien mit anderen Schwerpunktsetzungen geklärt werden.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Auswirkungen des Einsatzes des Student Response Systems ARSnova auf die Mädchen und Jungen zeigen die Ergebnisse, dass der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova sich im 6. Jahrgang gleichermaßen positiv auf die Entwicklung der Leistung von Mädchen und Jungen auswirkt. Auch lassen sich sowohl im Prä- als auch im Posttest keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Punktzahlen der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe feststellen. Im Follow-Up-Test lösen sowohl die Mädchen als auch die Jungen der Interventionsgruppe eine Teilaufgabe signifikant besser.
Die Auswertungen zeigen zudem, dass die Mädchen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben, im Posttest einige Aufgaben (Aufgaben 2 und 8) und den Aufgabenkomplex „Teilchen“ signifikant besser bearbeiten als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Dies lässt sich beim Vergleich der Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe in gleichermaßen feststellen. Auch hier gelingt den Jungen im Posttest eine signifikant bessere Bearbeitung einzelner Aufgaben (Aufgaben 2 und 8) und des Aufgabenkomplexes „Teilchen“.
Auffällig ist, dass die Jungen, die mit ARSnova unterrichtet wurden, im Follow-Up-Test eine signifikant höhere Punktzahl erzielen als die Jungen der Kontrollgruppe. Bei den Mädchen lassen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede feststellen.
Hinsichtlich des Lernzuwachses lassen sich anhand der zweifaktoriellen Varianzanalysen nach Friedmann feststellen, dass der Leistungszuwachs in beiden Gruppen ähnlich ausfällt und daher keine allgemeinen Tendenzen für die eine oder andere Gruppe der Schülerinnen bzw. Schüler abgeleitet werden können.
Die vorliegenden Ergebnisse für den 10. Jahrgang zeigen entgegen der Ergebnisse im 6. Jahrgang, dass sich der Unterricht mit ARSnova positiver auf die Lernleistung der Mädchen ausübt als auf die der Jungen. Ausgehend von gleichem Vorwissen erzielen die Mädchen der Interventionsgruppe im Posttest bei der Bearbeitung der Aufgaben 3 und 6 und im gesamten Leistungstest signifikant höhere Punktzahlen als die Jungen der Interventionsgruppe. Auch die Auswertung mittels Friedmann-Tests zeigt, dass die Leistungssteigerungen zwischen Prä- und Posttest bei den Mädchen in vielen Aufgaben etwas deutlicher ausfallen als bei den Jungen. Diese Entwicklung ist in einzelnen Aufgaben auch zwischen der Bearbeitung im Prä- und im Follow-Up-Test festzustellen.
Die vorliegenden Ergebnisse des Vergleichs der Mädchen der Interventionsgruppe mit den Mädchen der Kontrollgruppe zeigen weitere Tendenzen, dass sich der Unterricht mit ARSnova positiv auf die Lernleistung der Mädchen auswirkt. So erzielen die Schülerinnen, die am Unterricht mit ARSnova

teilgenommen haben, im Posttest in vielen Aufgaben (2, 4, 5, 6 und 7) und in der Bearbeitung des gesamten Leistungstests signifikant höhere Punktzahlen als die Schülerinnen, die herkömmlich unterrichtet wurden.

Beim Vergleich der Jungen der Interventionsgruppe mit den Jungen der Kontrollgruppe zeigen sich dagegen im Posttest keine signifikanten Unterschiede.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Mädchen der Interventionsgruppe in einigen Aufgaben und im gesamten Leistungstest mehr Vorwissen zu den Unterrichtsinhalten aufweisen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse der Follow-Up-Tests zeigen beim Vergleich der Mädchen der beiden Gruppen und beim Vergleich der Jungen der beiden Gruppen nur sporadische Unterschiede in den Bearbeitungen der Aufgaben des Leistungstests. Insbesondere in den erzielten Gesamtpunktzahlen lassen sich sowohl zwischen den Mädchen der Interventionsgruppe und den Mädchen der Kontrollgruppe, als auch zwischen den Jungen der Interventionsgruppe und den Jungen der Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung feststellen.

Ein Grund des Auflösens vorhandener signifikanter Unterschiede im Postest könnte darin liegen, dass die abgefragten Inhalte auch nach dem Posttest in den einzelnen Klassen weiter in anderen Kontexten unterrichtet und vertieft wurden. Die Klassen der Interventionsgruppe wurden dann jedoch herkömmlich unterrichtet. Zudem wurde zwischen dem Post und dem Follow-Up-Test noch eine reguläre Klassenarbeit geschrieben, auf die sich die Schülerinnen und Schüler sich vorbereitet haben.

Hinsichtlich des Lernzuwachses zwischen Prä-, Post- und Follow-Up-Test zeigen die Auswertungen keine eindeutigen Tendenzen zugunsten der Mädchen bzw. Jungen, die am Unterricht mit ARSnova teilgenommen haben. Sowohl die Mädchen als auch die Jungen der Kontroll- bzw. der Interventionsgruppe erzielen in einigen Aufgaben einen höheren Lernzuwachs als die jeweilige Vergleichsgruppe. Zudem ist der Lernzuwachs in einigen Aufgaben und speziell im gesamten Leistungstest zwischen den Testzeitpunkten häufig in beiden Vergleichsgruppen ähnlich hoch.

Studien, die explizit die Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen auf die unterschiedlichen Geschlechter hinsichtlich der Lernleistung untersuchen, sind nicht weit verbreitet. So konnten beispielsweise King & Joshi (2008) im Rahmen einer Studie zum Einsatz eines Student Response Systems in einer Vorlesung zur Allgemeinen Chemie zeigen, dass sich die aktive Beteiligung durch das Abgeben von Antworten über das Student Response Systems stärker positiv auf die Abschlussergebnisse der Jungen ausübt als auf die der Mädchen. Sie konnten jedoch keine Unterschiede in den Abschlussergebnissen zwischen den Studenten und den Studentinnen, die sich aktiv an der Vorlesung durch das Abgeben von Antworten über das Student Response System beteiligt haben, feststellen. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen für den 6. Jahrgang.

Interessanterweise zeigen die vorliegenden Ergebnisse, trotz der in einer 10. Klasse aufgetretenen technischen Probleme, dass sich der Einsatz von ARSnova stärker auf die Lernleistung der Mädchen im 10. Jahrgang ausübt. Nach Kay (2009) reagieren insbesondere Mädchen sensibel auf auftretende technische Probleme und fühlen sich folglich durch den Einsatz von Student Response Systemen im Unterricht gestresst. Dies scheint sich jedoch in der vorliegenden Untersuchung nicht nachteilig auf die Lernleistung auszuüben. Vielmehr scheinen die Mädchen besonders von der neuen

Unterrichtsgestaltung durch den Einsatz eines Student Response Systems zu profitieren, wie es auch in anderen Studien beobachtet wurde (vgl. Kang et al., 2012). Die vorliegenden Ergebnisse stehen zudem im Einklang mit der im Rahmen der Studie gefunden signifikant höheren schulischen Selbstwirksamkeitserwartung der Mädchen, die mit ARSnova gearbeitet haben, verglichen mit den Jungen der gleichen Gruppe. Dies könnte ebenfalls zu dem besseren Abschneiden im Postleistungstest der Mädchen verglichen mit den Jungen führen.

Die positiven Auswirkungen speziell auf die Lernleistung der Mädchen im 10. Jahrgang sollten jedoch durch weitere Studien an anderen Schulen/Schulformen weiter untersucht werden. In der Literatur finden sich sowohl Hinweise, dass sich der Einsatz eines Student Response Systems stärker auf die Lernleistung der Jungen ausübt (King & Joshi, 2008), als auch Studien, die zeigen, dass besonders Mädchen vom Einsatz des Student Response Systems profitieren (Niemeyer & Zewail-Foote, 2018; Reay et al., 2008).

6.8 Gesamtdiskussion

Jahrgangsübergreifende Auswertung

Die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung der Studie zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler die Bedienbarkeit des Student Response System ARSnova insgesamt positiv bewerten. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Erfahrungen, die beim Einsatz von ARSnova im Hochschulbereich gemacht wurden (Gröblinger et al., 2011) und zeigen, dass das ausgewählte Student Response System durch Schüler der ausgewählten Jahrgangsstufen problemlos bedient werden kann.

Der durchgeführte Unterricht mit ARSnova wird von einem Großteil der Schülerinnen und Schüler als positiv wahrgenommen, so zeigt die Erhebung der Einstellung zum Unterricht mit ARSnova für die jahrgangsübergreifende Stichprobe, dass 69 % der Schülerinnen und Schüler dem Unterricht mit ARSnova moderat positiv bis positiv gegenüberstehen.

Diese positive Einstellung macht sich nicht direkt in einer Veränderung der Bewertung der erhobenen Lernklima-Dimensionen von Prä- zu Posttest bemerkbar. Der positive Einfluss des Unterrichts mit ARSnova auf die Lernklima-Dimensionen „Relevanz der Themen“ und „Fachbezug“ macht sich eher indirekt durch die messbaren, signifikant schlechteren Bewertungen dieser Lernklima-Dimensionen im durch die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe im Posttest verglichen mit denen im Prätest bemerkbar. Zudem bewerten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe auch nach der Unterrichtseinheit die Lernklima-Dimensionen „Fachbezug“ und „Anforderungen und Verständlichkeit“ signifikant höher als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler, die herkömmlich unterrichtet wurden, die vermittelten Unterrichtsinhalte als weniger bedeutungsvoll erachten und daher für sie weniger von Interesse sind. Dies wird durch die erhobenen Daten zur Lernmotivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) untermauert. Es zeigt sich, dass bei den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, die identifizierte Regulation von Prä- zu Posttest abnimmt, während bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe dagegen keine signifikanten Veränderungen messbar sind. Diese Ausprägung der extrinsischen

Motivation ist im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) durch ein hohes Maß an wahrgenommener Selbstbestimmung gekennzeichnet. Sie ist wünschenswert, da sie neben der intrinsischen Motivation die freiwillige Auseinandersetzung mit den relevanten Unterrichtsinhalten fördert (Deci & Ryan, 2000).

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass der Unterricht mit dem Student Response System ARSnova dazu führt, dass die Schülerinnen und Schüler ein „persönliches Interesse“ am Lerngegenstand entwickeln. Dies führt zu einer signifikant höheren identifizierten Regulation bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe verglichen mit den Schülern der Kontrollgruppe. Hinsichtlich der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung kann dagegen in der jahrgangsübergreifenden Auswertung kein Einfluss des Unterrichts mit ARSnova festgestellt werden.

Das Einbinden von Fragen und Aufgabenstellungen über das Student Response System führt dazu, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe stärker in das Unterrichtsgeschehen eingebunden werden. So ist es nicht verwunderlich, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe nach der Intervention ihre eigene Mitarbeit und Konzentration höher bewerten als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Eine positive Auswirkung auf die Aufmerksamkeit, wie sie in einigen Studien im Hochschulbereich (vgl. Landrum, 2013; Russell et al., 2011) durchgeführt wurden, lassen sich durch die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung nicht bestätigen.

Hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Auswirkungen des Unterrichts mit ARSnova zeigen die vorliegenden Ergebnisse der jahrgangsübergreifenden Auswertung einige Tendenzen, dass sich der Unterricht mit ARSnova positiver auf die Mädchen auszuwirken scheint.

Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen der interventionsgruppe gibt es in der Bewertung der Bedienbarkeit des Student Response Systems ARSnova, der Einstellung zum Unterricht mit ARSnova, den erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation und der Selbstwirksamkeitserwartung.

Auffällig ist jedoch, dass die Mädchen, die mit ARSnova gearbeitet haben, in der jahrgangsübergreifenden Auswertung eher der Meinung sind, dass die Unterrichtsinhalte verständlich geworden sind als die Jungen. Sie bewerten daher die Lernklima-Dimension „Anforderungen und Verständlichkeit“ im Posttest signifikant höher. Außerdem zeigt die jahrgangsübergreifende Auswertung, dass die Mädchen ihre eigene Mitarbeit und Konzentration während des Unterrichtsmit ARSnova signifikant höher einschätzen als die Jungen. Insbesondere zeigen sich negative Auswirkungen des Einsatzes von ARSnova auf die Aufmerksamkeit der Jungen.

Weitere Anhaltspunkte, dass sich der Unterricht mit ARSnova etwas positiver auf die Mädchen auszuwirken scheint, zeigen sich, wenn man den Vergleich mit den Schülerinnen und Schülern, die herkömmlich unterrichtet wurden, hinzuzieht. So weisen die Mädchen, die mit ARSnova gearbeitet haben, nach der Intervention eine höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung und ein höheres Maß wahrgenommener Selbstbestimmung auf als die die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Zwischen den beiden Jungengruppen gibt es dagegen keine signifikanten Unterschiede.

Jahrgang 6

Durch die vorliegenden Ergebnisse der durchgeführten Studie zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen das ausgewählte Student Response System ARSnova sehr gut bedienen können und der durchgeführte Unterricht durch das Einbinden von Fragen und Aufgabenstellungen über das Student Respons System mittels des von Dufresne et al. (1996) entwickelten „Question Cycle“ von den Schülerinnen und Schülern positiv beurteilt wird. Diese positive Einstellung zum gewählten Unterrichtsszenario macht sich im Vergleich zu den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe in einer höheren Bewertung der Lernklima-Dimensionen bemerkbar. So sind die Schülerinnen und Schüler, die mit ARSnova gearbeitet haben, der Meinung, dass die Unterrichtsinhalte verständlich geworden sind und sich an ihren Fähigkeiten orientieren. Sie erkennen durch den Unterricht mit ARSnova stärker die wesentlichen Fachbezüge und die Relevanz der Unterrichtsthemen beispielsweise in Bezug zu ihren Alltagssituationen. Der durchgeführte Unterricht mit ARSnova führt bei den Schülerinnen und Schülern der 6. Jahrgangsstufe zwar nicht zu einer messbaren Steigerung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung, jedoch werden durch den Einsatz des Student Response Systems die Unterrichtsinhalte als persönlich bedeutsamer erachtet und führen zu einer messbaren Steigerung der identifizierten Regulation. Diese Ausprägung ist im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) durch ein hohes Maß an wahrgenommener Selbstbestimmung gekennzeichnet. Sie ist neben der intrinsischen Motivation wünschenswert, da sie die freiwillige Auseinandersetzung mit den relevanten Unterrichtsinhalten fördert und so besonders förderliche Lernprozesse ermöglicht (Deci & Ryan, 2000).

Diese gesteigerte identifizierte Regulation, deren handlungsleitende Motive sich zusammen mit der intrinsischen Motivation nach Thomas & Müller (2011) durch ein „ich will“ beschreiben lassen, machen sich in den erhobenen Daten zur Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration bemerkbar. So zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des Student Response System ARSnova auch ihre eigene Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration signifikant höher bewerten als die Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe. Es lässt sich feststellen, dass die Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz von ARSnova stärker in das Unterrichtsgeschehen eingebunden werden, als die Schülerinnen und Schüler die herkömmlich unterrichtet werden.

Die vorliegenden Ergebnisse deuten zudem an, dass sich der Einsatz von ARSnova auch förderlich auf die Lernleistung auszuwirken scheint. So werden von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe insbesondere der Aufgabenkomplex „Teilchen“ im Posttest signifikant besser bearbeitet. Gründe für das bessere Abschneiden in diesem Aufgabenkomplex können anhand der Studie nicht geklärt werden. Es kann jedoch vermutet werden, dass sich die verwendeten Aufgaben und Fragestellungen und die intensive Diskussion der präzisen formulierten Lösungsvorschläge der Multiple-Choice-Aufgaben positiv auswirken.

Hinsichtlich geschlechterspezifischer Unterschiede zeichnen sich im 6. Jahrgang einige interessante Tendenzen ab. Bewerten die Jungen und die Mädchen die Bedienbarkeit des ausgewählten Student Response System noch gleichermaßen positiv, so bewerten die Jungen den durchgeführten Unterricht

mit ARSnova signifikant höher als die Mädchen und weisen somit einer positivere Einstellung auf. In den Bewertungen der erhobenen Lernklima-Dimensionen bewerten dagegen die Mädchen die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ signifikant höher als die Jungen.

Es zeigt sich, dass nach dem Unterricht keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation, der schulischen Selbstwirksamkeit, der Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit und in der Bearbeitung des Leistungstests zwischen den Mädchen und Jungen, die mit ARSnova gearbeitet haben, vorliegen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Unterricht mit dem Student Response System sich gleichermaßen auf beide Schülergruppen auszuwirken scheint.

Die Ergebnisse des Vergleichs der Jungen und Mädchen der Interventionsgruppe mit den Mädchen und Jungen, die herkömmlich unterrichtet wurden, liefern jedoch Anhaltspunkte, dass die Mädchen in einigen Bereichen besonders durch den Unterricht mit ARSnova profitieren. So bewerten die Mädchen der Interventionsgruppe alle Lernklima-Dimensionen höher als die Mädchen der Kontrollgruppe. Während zwischen den beiden äquivalenten Jungengruppen dagegen keine Unterschiede in den Bewertungen feststellbar sind.

Es zeigt sich, dass der Unterricht mit ARSnova speziell bei den Mädchen zu einem höheren Grad an wahrgenommener Selbstbestimmung und einer höheren schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung verglichen mit den Schülerinnen der Kontrollgruppe führt. Auch diese Unterschiede in den Bewertungen lassen sich zwischen den beiden Jungengruppen nicht feststellen.

Jahrgang 10

Die vorliegenden Ergebnisse für den 10. Jahrgang zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler die Bedienbarkeit des Student Response System ARSnova zwar insgesamt gut, jedoch schlechter bewerten als die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs. Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler steht dem Unterricht mit ARSnova reservierter gegenüber und nur 42,9 % bewerten ihn mittels des entwickelten Fragebogens moderat positiv bzw. positiv.

Des Weiteren kommt es zu einer signifikant schlechteren Bewertung der eigenen Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Posttest verglichen mit den Bewertungen im Prätest. Positive Einflüsse auf die Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration, wie sie in anderen Studien im Hochschulbereich festgestellt wurden (vgl. Russell et al., 2011; Hoekstra, 2008; Landrum, 2013), lassen sich somit anhand der vorliegenden Ergebnisse der 10. Klassen nicht ableiten.

Der durchgeführte Unterricht mit ARSnova wirkt sich im 10. Jahrgang nur geringfügig auf die Lernmotivation, das Lernklima und die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler aus. So bewerten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe im Posttest lediglich die Lernklima-Dimension „Fachbezug“ höher. Hinsichtlich der erhobenen Ausprägungen der Lernmotivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) und der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung lassen sich keine Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern der Kontroll- und denen der Interventionsgruppe feststellen. Es lassen sich

lediglich indirekt anhand der negativen Entwicklung der identifizierten Regulation in Kontrollgruppe positive Tendenzen auf die Lernmotivation ableiten.

Positiv anzumerken ist, dass die technischen Probleme sich nicht nachteilig auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe auswirken. Es zeigen sich durch den durchgeführten Unterricht mit ARSnova sogar positive Tendenzen, die sich in einer signifikant besseren Bearbeitung der Aufgaben 2, 5 und 7 und des gesamten Leistungstests nach der durchgeführten Unterrichtseinheit zum Ausdruck bringen. Wenngleich angemerkt werden muss, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe über etwas mehr Vorwissen verfügen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Auswertung zeigen sich die vorliegenden Ergebnisse uneinheitlich, weisen aber in einigen Bereichen daraufhin, dass sich der Unterricht mit ARSnova stärker auf die Mädchen als auf die Jungen auswirkt.

Die geschlechtsspezifische Auswertung zeigt, dass sich keine Unterschiede in der Einstellung zum Unterricht mit ARSnova und der Bedienung des Student Response Systems zwischen den Mädchen und den Jungen feststellen lassen. Auffällig ist, dass, vermutlich durch die auftretenden technischen Probleme mit ARSnova, die Lernklima-Dimension „Allgemeine Zufriedenheit“ von den Schülerinnen der Interventionsgruppe im Posttest signifikant schlechter bewertet wird als vor der Durchführung. Ansonsten zeigen sich zwischen den Mädchen und Jungen keine wesentlichen Unterschiede in der Bewertung des Lernklimas. Auch zeigen sich hinsichtlich der Auswirkungen auf die Lernmotivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) keine nennenswerten Unterschiede.

Auffällig ist jedoch, dass die Mädchen, die mit dem Student Respons System ARSnova gearbeitet haben, nach der Unterrichtseinheit eine höhere schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen als die vergleichbare Jungengruppe und die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden. Des Weiteren zeigt sich, dass der Unterricht mit ARSnova bei den Mädchen und Jungen gleichermaßen zu einer signifikanten Abnahme der Aufmerksamkeit während des Unterrichts führt, die Mädchen aber insgesamt konzentrierter arbeiten als die Jungen. In anderen Studien wurde eher berichtet, dass die Mädchen sich durch den Einsatz des Student Response Systems gestresst fühlen (vgl. Kay 2009). Auffällig ist, dass die Mädchen der Interventionsgruppe trotz der technischen Probleme in einer Lerngruppe insgesamt ihre Konzentration höher einschätzen als die Mädchen, die herkömmlich unterrichtet werden.

Auch die vorliegenden Ergebnisse der Auswertung des Leistungstests zeigen, dass der Unterricht mit ARsnova sich stärker auf die Mädchen auszuwirken scheint, so bearbeiten sie im Anschluss an die Unterrichtseinheit beispielsweise die Aufgaben 3 und 6 und den gesamten Leistungstest besser als die Jungen und erzielen auch im Vergleich zu den Mädchen, die herkömmlich unterrichtet wurden in einigen Aufgaben bessere Ergebnisse.

Zwischen den beiden Jungengruppen lassen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede in den Bearbeitungen feststellen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend zeigen die vorliegenden Ergebnisse einige Tendenzen auf, dass der Unterricht mit ARSnova sich positiver auf die Schülerinnen und Schüler des 6. Jahrgangs auszuwirken scheint

So zeigt die durchgeführte Erhebung der System Usability anhand des ausgewählten Fragebogens von Brooke (1996), dass die Bedienbarkeit von ARSnova von den Schülerinnen und Schülern der 6. Klassen signifikant höher bewertet wird als von den Schülerinnen und Schülern der 10. Klassen. Jedoch wird die Bedienbarkeit von ARSnova auch von den Schülerinnen und Schülern der 10. Klassen als gut eingestuft. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Erfahrungen, die beim Einsatz von ARSnova im Hochschulbereich gemacht wurden (Gröblinger et al., 2011) und zeigen, dass das ausgewählte Student Response System durch Schüler der ausgewählten Jahrgangsstufen problemlos bedient werden kann. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen zudem keine Unterschiede in der Bewertung von ARSnova zwischen den Mädchen und Jungen.

Der durchgeführte Unterricht mit ARSnova unter spezieller Berücksichtigung des von Dufresne et al. (1996) entwickelten Question Cycle ermöglicht eine problemlose Einbindung in unterschiedliche Unterrichtsphasen des Chemieunterrichts. Die vorliegenden Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler beider Jahrgänge den durchgeführten Unterricht mit ARSnova unterschiedlich bewerten. So stehen im 6. Jahrgang 86,5 % der Schülerinnen und Schüler dem Unterricht tendenziell positiv gegenüber. Im 10. Jahrgang sind es dagegen nur 42,9 %. Es kann vermutet werden, dass sich die technischen Probleme, die während des Unterrichts in einer der 10. Klassen aufgetreten sind, negativ auf die Einstellung zum durchgeführten Unterricht mit ARSnova auswirken. Die besonders positive Einstellung der jüngeren Schüler zum Unterricht mit ARSnova zeigt, dass sich der durchgeführte Unterricht auch für diese Altersklasse eignet. Die Ergebnisse stehen im Einklang zu neueren Studien zum Einsatz von Student Response Systemen, die mit jüngeren Schülern durchgeführt wurden (vgl. Kay, 2019). Die durchgeführte Studie zeigt auch, dass speziell die Jungen der 6. Jahrgangsstufe eine besonders positive Einstellung zum Unterricht mit ARSnova aufweisen.

Die positive Einstellung der Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen zum Unterricht mit ARSnova spiegelt sich auch in den vorliegenden Ergebnissen zum Lernklima wider. So zeigt sich speziell im 6. Jahrgang, dass nach dem Unterricht mit ARSnova, alle erhobenen Lernklima-Dimensionen von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe signifikant höher bewertet werden als von den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.

Mit Hilfe des selbstentwickelten Fragebogens wurden die Auswirkungen des Unterrichts mit ARSnova auf die Einschätzung der eigenen Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration während des durchgeführten Unterrichts erfasst. Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass sich die im Hochschulbereich gefundenen positiven Tendenzen auf die Mitarbeit, Aufmerksamkeit und Konzentration (vgl. Landrum, 2013; Russell et al., 2011) auch bei den Schülerinnen und Schülern der 6. Jahrgangsstufe beobachten lassen. Für die Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe lassen sich durch die vorliegenden Ergebnisse dagegen keine positiven Tendenzen ableiten. Vielmehr kommt es zu einer signifikanten Abnahme der eigenen Aufmerksamkeit während des Unterrichts mit ARSnova, dies trifft gleichermaßen auf die Jungen und Mädchen zu. Die vorliegenden Ergebnisse weisen zudem

in beiden Jahrgängen daraufhin, dass sich der durchgeführte Unterricht mit ARSnova positiver auf die Konzentration der Mädchen ausüben könnte.

Hinsichtlich der erhobenen Auswirkungen des Einsatzes des Unterrichts mit ARSnova auf die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie kein eindeutiges Bild. Es lassen sich jedoch weder für die jahrgangsübergreifende Stichprobe, noch für die Schülerinnen und Schüler der 6. Jahrgangsstufe bzw. der Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe eine signifikante Steigerung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung durch den Unterricht mit ARSnova feststellen. Die vorliegenden Ergebnisse der Studie bestätigen daher nicht die durch die Metaanalyse von Hunsu et al. (2016) für den Hochschulbereich und in einer Studie durch Roush (2016) für den schulischen Bereich gefundenen Steigerungen der Selbstwirksamkeitserwartung.

Die Untersuchung des Einflusses des Unterrichts mit ARSnova auf die intrinsische Motivation und die verschiedenen Regulationen der extrinsischen Motivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) zeigt keinen Einfluss auf die intrinsische Motivation. Die vorliegenden Ergebnisse weisen jedoch Tendenzen nach, dass sich der Unterricht mit ARSnova auf die identifizierte Regulation einer Abstufung der extrinsischen Motivation, die durch ein hohes Maß an Selbstbestimmung charakterisiert ist, auswirkt. Die Förderung der intrinsischen Motivation und der identifizierten Regulation sind wünschenswert, da sie die freiwillige Auseinandersetzung mit den relevanten Unterrichtsinhalten fördern und sich schlussendlich lernförderlich auswirken (Ryan & Deci, 2000). Die vorliegenden Ergebnisse weisen zudem daraufhin, dass speziell die Schülerinnen und Schüler der 6. Klassen in dieser Hinsicht von dem Unterricht mit ARSnova profitieren.

Hinsichtlich der Auswirkungen des durchgeführten Unterrichts mit ARSnova auf die Lernleistung zeigen die vorliegenden Ergebnisse kein einheitliches Bild und bestätigen damit die uneinheitliche Literaturlage hinsichtlich der Auswirkungen des Einsatzes von Student Response Systemen auf die Lernleistung (vgl. Hunsu et al., 2016; Anthis, 2011; King & Joshi, 2008). Es zeigen sich aber im 6. Jahrgang speziell durch die signifikant bessere Bearbeitung des Aufgabenkomplexes „Teilchen“ und durch die signifikant bessere Bearbeitung des Post-Leistungstests durch die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe der 10. Jahrgangsstufe in beiden Jahrgängen positive Tendenzen der Auswirkungen des gewählten Einsatzes von ARSnova.

Ausblick

Die vorliegende Studie wurde an einem niedersächsischen Gymnasium durchgeführt. Um die gefundenen Ergebnisse und Tendenzen zu verifizieren, sollten daher weitere Studien an anderen Schulen mit dem gewählten Unterrichtsansatz durchgeführt werden.

Es wäre sicherlich von Interesse, ob sich in anderen Studien mit dem gewählten Unterrichtsansatz speziell für die 10. Jahrgangsstufe andere Ergebnisse feststellen lassen, wenn keine technischen Probleme während des Unterrichts mit ARSnova auftreten.

Eine Verwendung der vorgefertigten Unterrichtsmodule gestaltet sich vor dem Hintergrund vorliegender unterschiedlicher schulinterner Curricula, schwierig, da die entwickelten Aufgaben und Fragestellungen in ARSnova speziell an den Lehrplan des teilnehmenden Gymnasiums angepasst wurden. Da insgesamt der Einsatz von Student Response Systemen an deutschen Schulen und speziell

im Chemieunterricht noch nicht weit verbreitet und wissenschaftlich untersucht ist, könnten eventuell zunächst einmal auch weitere Studien mit dem Schwerpunkt auf der Erhebung von Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Unterricht mit ARSnova durchgeführt werden. Die Erhebung konnte dabei in Form von Schülerinterviews bzw. Gruppendiskussionen oder aber durch den im Rahmen der Studie entwickelten Fragebogen zur Meinung des Unterrichts mit ARSnova erfolgen.

Des Weiteren bietet es sich an auch die Lehrerperspektive zum Einsatz des Student Response System ARSnova zu untersuchen. Die Gespräche mit den teilnehmenden Lehrkräften zeigen, dass sie dem Einsatz des Student Response Systems durchaus positiv gegenüberstehen. Es wäre daher sicherlich von Interesse durch weitere Studien die Lehrerperspektive genauer zu untersuchen. Hier würde sich anbieten, die Bedienbarkeit des Student Response Systems aus Lehrerperspektive zu erfassen. Dies könnte zum einen für den Einsatz im Unterricht erfolgen und zum anderen für die Gestaltung von Fragen mit dem Programm ARSnova.

Eine Limitierung der vorliegenden Studie bestand darin, dass die konzipierten Fragen und Aufgaben in ARSnova den Lehrkräften vorgegeben wurden. Sie orientieren sich zwar am Lehrplan des teilnehmenden Gymnasiums, wurden aber nicht selbst von den Lehrkräften mitgestaltet. Es wäre sicherlich von Interesse zu untersuchen, welche Fragentypen (Freitext oder Multiple-Choice-Fragen) mit welchen Funktionen von Seiten der Lehrkräfte in den Unterricht eingebunden werden. Eventuell könnte im Rahmen von Lehrerfortbildungen der Einsatz des Student Response Systems im Chemieunterricht mit den entsprechenden Möglichkeiten vorgestellt werden. Durch eine Erhebung, die auch die Vorkenntnisse im Einsatz mit digitalen Medien im Chemieunterricht der Lehrkräfte berücksichtigt, könnten zunächst einmal die Einstellung und Bereitschaft der Lehrkräfte für den Einsatz solcher Systeme erfasst werden. Im weiteren Verlauf könnte dann die Gestaltung von Fragen und Aufgaben im System ARSnova im Rahmen einer Lehrerfortbildung angeleitet und wissenschaftlich begleitet werden. Dies könnte beispielsweise in Form von Lehrerinterviews im Anschluss der Erprobung ihrer selbstentwickelten Aufgaben erfolgen.

Sicherlich wäre es von Vorteil auch im Rahmen der Ausbildung von Lehrkräften die Möglichkeiten des Einsatzes eines Student Response Systems im Chemieunterricht aufzuzeigen und zu erproben. Hier könnten beispielsweise auch andere Systeme als ARSnova thematisiert, diskutiert und eventuell erprobt werden. Insbesondere gamifizierte Student Response Systeme wie Kahoot oder ARSnova.click, die ja speziell für den Einsatz im Unterricht an Schulen konzipiert wurden, könnten mit herkömmlichen Student Response Systemen verglichen und ebenfalls im Chemieunterricht erprobt werden.

8 Literaturverzeichnis

Abraham, Michael R.; Grzybowski, Eileen Bross; Renner, John W.; Marek, Edmund A. (1992): Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. In: *J. Res. Sci. Teach.* 29 (2), S. 105–120. DOI: 10.1002/tea.3660290203.

Aesaert, Koen; van Braak, Johan (2018): Information and Communication Competences for Students. In: Joke Voogt, Gerald Knezek, Rhonda Christensen und Kwok-Wing Lai (Hg.): Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education, Bd. 41. Cham: Springer International Publishing (Springer International Handbooks of Education), S. 255–269.

Anthis, Kristine (2011): Is It the Clicker, or Is It the Question? Untangling the Effects of Student Response System Use. In: *Teaching of Psychology* 38 (3), S. 189–193. DOI: 10.1177/0098628311411895.

Baltaci-Goktalay, S. (2016): How Personal Response Systems Promote Active Learning in Science Education? In: *Journal of Learning and Teaching in Digital Age* 1 (1). Online verfügbar unter https://www.learntechlib.org/p/209531, zuletzt geprüft am 28.03.2020.

Bandura, A. (1977b): Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. In: *Psychological Review, 84 (2)*, S. 191–215. Online verfügbar unter http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.315.4567&rep=rep1&type=pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Bandura, A. (1977a): Social learning theory: Prentice-Hall.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Bangor, Aaron; Kortum, Philip T.; Miller, James T. (2008): An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. In: *International Journal of Human–Computer Interaction* 24 (6), S. 574–594. DOI: 10.1080/10447310802205776.

Banks, David A. (Hg.) (2006): Audience response systems in higher education. Applications and cases. IGI Global. Hershey, Pa: IGI Global (701 E. Chocolate Avenue Hershey Pennsylvania 17033 USA). Online verfügbar unter http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-59140-947-2.

Barnett, John (2006): Implementation of personal response units in very large lecture classes: Student perceptions. In: *AJET* 22 (4). DOI: 10.14742/ajet.1281.

Beatty, Ian D.; Gerace, William J. (2009): Technology-Enhanced Formative Assessment. A Research-Based Pedagogy for Teaching Science with Classroom Response Technology. In: *J Sci Educ Technol* 18 (2), S. 146–162. DOI: 10.1007/s10956-008-9140-4.

Beatty, Ian D.; Gerace, William J.; Dufresne, Robert J. (2006): Designing Effective Questions for Classroom Response System Teaching. In: *American Journal of Physics* 74 (1), S. 31–39. DOI: 10.1119/1.2121753.

Beatty, Ian D.; Leonard, William J.; Gerace, William J.; Dufresne, Robert J. (2006): Question Driven Instruction. In: David A. Banks (Hg.): Audience response systems in higher education. Applications and cases. Hershey, Pa: IGI Global (701 E. Chocolate Avenue Hershey Pennsylvania 17033 USA), S. 96–115.

Beekes, Wendy (2006): The 'Millionaire' method for encouraging participation. In: *Active Learning in Higher Education* 7 (1), S. 25–36. DOI: 10.1177/1469787406061143.

Bergtrom, G. (2006): Clicker sets as learning objects. In: *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* (2). Online verfügbar unter http://ijklo.org/Volume2/v2p105-110Bergtrom.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Bolte, Claus (2004a): Motivation und Lernerfolg im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 53 (2), S. 2–5.

Bolte, Claus (2004b): Motivationales Lernklima im Chemieunterricht an Realschulen und Gymnasien. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 53 (7), S. 33–37.

Bolte, Claus (1996): Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht. Teil I: Konzeption und Erprobung eines standardisierten, kategorial geordneten Beobachtungsverfahrens und eines Lernklima-Befragungsinstruments. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 2 (1), S. 21–38.

Bortz, Jürgen; Schuster, Christof (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10448295.

Boyle, James T.; Nicol, David J. (2016): Using classroom communication systems to support interaction and discussion in large class settings. In: *ALT-J* 11 (3), S. 43–57. DOI: 10.1080/0968776030110305.

Bretz, Stacey Lowery (2012): Navigating the Landscape of Assessment. In: *J. Chem. Educ.* 89 (6), S. 689–691. DOI: 10.1021/ed3001045.

Brooke, John (1986): System usability scale (SUS): a quick-and-dirty method of system evaluation user information. In: *Reading, UK: Digital Equipment Co Ltd*, S. 43.

Brooke John (1996): SUS - A quick and dirty usability scale. In: Patrick W. Jordan (Hg.): Usability evaluation in industry. [based on the International Seminar Usability Evaluation in Industry that was held at Eindhoven, The Netherlands, on 14 and 15 September 1994]. London: Taylor & Francis, S. 189–194.

Bruff, Derek (2009): Teaching with classroom response systems. Creating active learning environments. 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass (Jossey-Bass higher and adult education series). Online verfügbar unter http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10341641.

Bühner, Markus (2011): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 3., aktualisierte und erw. Aufl. München: Pearson Studium (PS Psychologie). Online verfügbar unter http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=404890.

Bullock, D. W., LaBella, V. P., Clinghan, T., Ding, Z., Stewart, G., & Thibado, P. M. (2002): Enhancing the student-instructor interaction frequency. In: *Physics Teacher* 40 (9), S. 535–541. Online verfügbar unter https://cpb-us-east-1-juc1ugur1qwqqqo4.stackpathdns.com/wordpressua.uark.edu/dist/3/316/files/2017/06/thephysicsteacher.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Burnstein, Ray A.; Lederman, Leon M. (2001): Using wireless keypads in lecture classes. In: *The Physics Teacher* 39 (1), S. 8–11. DOI: 10.1119/1.1343420.

Caldwell, J. E. (2007): Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. In: *Life Sciences Education* 6 (1), S. 9–20.

Carnaghan, Carla; Webb, Alan (2007): Investigating the Effects of Group Response Systems on Student Satisfaction, Learning, and Engagement in Accounting Education. In: *Issues in Accounting Education* 22 (3), S. 391–409. DOI: 10.2308/iace.2007.22.3.391.

Cheesman, E. & Winograd, G.: Classroom Response Systems: Student Perceptions by Learning Style, Age, and Gender. In: K. McFerrin, R. Weber, R. Carlsen & D. Willis (Eds.) (Hg.): Proceedings of SITE 2008--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, Bd. 2008. Las Vegas, Nevada, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)., S. 4056–4062. Online verfügbar unter https://www.learntechlib.org/primary/p/27888/, zuletzt geprüft am 20.02.20.

Chien, Yu-Ta; Chang, Yueh-Hsia; Chang, Chun-Yen (2016): Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. In: *Educational Research Review* 17, S. 1–18. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.10.003.

Cloonan, Carrie A.; Hutchinson, John S. (2011): A Chemistry Concept Reasoning Test. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 12 (2), S. 205–209. DOI: 10.1039/C1RP90025K.

COLLEY, A. N.N.; COMBER, CHRIS (2003): School Subject Preferences: Age and gender differences revisited. In: *Educational Studies* 29 (1), S. 59–67. DOI: 10.1080/03055690303269.

Crossgrove, Kirsten; Curran, Kristen L. (2008): Using clickers in nonmajors- and majors-level biology courses: student opinion, learning, and long-term retention of course material. In: *CBE life sciences education* 7 (1), S. 146–154. DOI: 10.1187/cbe.07-08-0060.

Crouch, Catherine H.; Mazur, Eric (2001): Peer Instruction. Ten years of experience and results. In: *American Journal of Physics* 69 (9), S. 970–977. DOI: 10.1119/1.1374249.

Deci, Edward L. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. The theory of self-determination of motivation and its relevance to pedagogics. Weinheim, Basel: Beltz.

Deci, Edward L.; Ryan, R. M. (1985): Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum.

Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (Hg.) (2002): Handbook of self-determination research. Softcover edition. Rochester, NY: University of Rochester Press.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2002): Overview of self-determination theory: An organismic dialectical perspective. In: Edward L. Deci und Richard M. Ryan (Hg.): Handbook of self-determination research. Softcover edition. Rochester, NY: University of Rochester Press, S. 3–33.

Deslauriers, Louis; Schelew, Ellen; Wieman, Carl (2011): Improved learning in a large-enrollment physics class. In: *Science (New York, N.Y.)* 332 (6031), S. 862–864. DOI: 10.1126/science.1201783.

d'Inverno, R. (2003): Using a personal response system for promoting student interaction. In: *Teaching Mathematics and its Applications* 22 (4), S. 163–169. DOI: 10.1093/teamat/22.4.163.

Döring, Nicola; Bortz, Jürgen (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Unter Mitarbeit von Sandra Pöschl-Günther. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5.

Draper, S. W.; Brown, M. I. (2004): Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 20 (2), S. 81–94. DOI: 10.1111/j.1365-2729.2004.00074.x.

Dufresne, Robert J.; Gerace, William J. (2004): Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. In: *The Physics Teacher* 42 (7), S. 428–433. DOI: 10.1119/1.1804662.

Dufresne, Robert J.; Gerace, William J.; Leonard, William J.; Mestre, Jose P.; Wenk, Laura (1996): Classtalk. A classroom communication system for active learning. In: *J. Comput. High. Educ.* 7 (2), S. 3–47. DOI: 10.1007/BF02948592.

Dufresne, Robert J.; Gerace, William J.; Mestre, Jose P.; Leonard, William J. (2005): ASK-IT/A2L: Assessing student knowlede with instructional technology. Online verfügbar unter http://arxiv.org/pdf/physics/0508144v1.

Ebenezer, Jazlin V.; Erickson, Gaalen L. (1996): Chemistry students' conceptions of solubility. A phenomenography. In: *Sci. Ed.* 80 (2), S. 181–201. DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2%3C181::AID-SCE4%3E3.0.CO;2-C.

Ebenezer, Jazlin V.; Fraser, Duncan M. (2001): First year chemical engineering students' conceptions of energy in solution processes. Phenomenographic categories for common knowledge construction. In: *Sci. Ed.* 85 (5), S. 509–535. DOI: 10.1002/sce.1021.

Eickelmann, Birgit (2018): Digitalisierung in der schulischen Bildung. Entwicklungen, Befunde und Perspektiven für die Schulentwicklung und die Bildungsforschung. In: Nele McElvany, Franziska Schwabe, Wilfried Bos und Heinz Günter Holtappels (Hg.): Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen. Münster, New York: Waxmann (IFS-Bildungsdialoge, Band 2), S. 11–26.

Eickelmann, Birgit; Bos, Wilfried; Gerick, Julia; Goldhammer, Frank; Schaumburg, Heike; Schwippert, Knut et al. (Hg.) (2019): ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking. 1. Auflage. Münster: Waxmann.

Eilks, Ingo; Flintjer, Bolko; Krilla, Bodo; Möllencamp, Hartwig; Wagner, Walter (2004): Computer und Multimedia im Chemieunterricht heute. Eine Einordnung aus didaktischer und lerntheoretischer Sicht. In: *CHEMKON* 11 (3), S. 121–126. DOI: 10.1002/ckon.200410010.

Eilks, Ingo; Möllering, Jens; Leerhoff, Gabriele; Ralle, Bernd (2001): Teilchenmodell oder Teilchenkonzept? Oder: Rastertunnelmikroskopie im Anfangsunterricht. In: *CHEMKON* 8 (2), S. 81–85. DOI: 10.1002/ckon.20010080205.

Elliott, Caroline (2003): Using a personal response system in economics teaching. In: *International Review of Economics Education* 1 (1), S. 80–86. Online verfügbar unter http://www.economicsnetwork.ac.uk/iree/i1/elliot.htm, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Emenike, Mary E.; Holme, Thomas A. (2012): Classroom Response Systems Have Not “Crossed the Chasm”: Estimating Numbers of Chemistry Faculty Who Use Clickers. In: *J. Chem. Educ.* 89 (4), S. 465–469. DOI: 10.1021/ed200207p.

Emenike, Mary Elizabeth; Schroeder, Jacob; Murphy, Kristen; Holme, Thomas (2013): Results from a National Needs Assessment Survey: A View of Assessment Efforts within Chemistry Departments. In: *J. Chem. Educ.* 90 (5), S. 561–567. DOI: 10.1021/ed200632c.

Erlemann, Jennifer; Johner, Roger; Müller Werder, Claude: Mobile Response Tool : Funktionsweise und didaktische Möglichkeiten. In: E-teaching.org.

Feierabend, Sabine; Rathgeb, Thomas; Reutter, Theresa (2018): JIM 2018 Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-jähriger in Deutschland. Hg. v. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. Online verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf, zuletzt geprüft am 26.03.2020.

Fies, Carmen; Marshall, Jill (2006): Classroom Response Systems: A Review of the Literature. In: *J Sci Educ Technol* 15 (1), S. 101–109. DOI: 10.1007/s10956-006-0360-1.

Flintjer, Bolko (2011): Computer im Chemieunterricht - ein kurzer Rück- und Ausblick. In: *CHEMKON* 18 (2), S. 57–58. DOI: 10.1002/ckon.201010154.

Friedrich, Jens; Oetken, Marko (2016): Molekulares Sieben. Ein einfaches Experiment als Hinführung zur Teilchenvorstellung. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 27 (153), S. 12–14.

Gebru, Misganaw T.; Phelps, Amy J.; Wulfsberg, Gary (2012): Effect of clickers versus online homework on students' long-term retention of general chemistry course material. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 13 (3), S. 325–329. DOI: 10.1039/C2RP20033C.

Gibbons, Rebecca E.; Laga, Emily E.; Leon, Jessica; Villafañe, Sachel M.; Stains, Marilyne; Murphy, Kristen; Raker, Jeffrey R. (2017): Chasm Crossed? Clicker Use in Postsecondary Chemistry Education. In: *J. Chem. Educ.* 94 (5), S. 549–557. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00799.

Gómez Chova, Luis; López Martínez, Agustín; Candel Torres, Ignacio (Hg.) (2016). International Technology, Education and Development Conference. Valencia, Spain, 07.03.2016 - 09.03.2016: IATED (INTED proceedings).

Gröblinger, Ortrun; Kopp, Michael; Hoffmann, Barbara (2016): AUDIENCE RESPONSE SYSTEMS AS AN INSTRUMENT OF QUALITY ASSURANCE IN ACADEMIC TEACHING. In: Luis Gómez Chova, Agustín López Martínez und Ignacio Candel Torres (Hg.). International Technology, Education and Development Conference. Valencia, Spain, 07.03.2016 - 09.03.2016: IATED (INTED proceedings), S. 3473–3482.

Grüß-Niehaus, Thomas; Schanze, Sascha (2011): Eine kategoriegestützte Übersicht von Lernervorstellungen zum Löslichkeitsbegriff. In: *CHEMKON* 18 (1), S. 19–26. DOI: 10.1002/ckon.201010141.

Haladyna, Thomas M.; Downing, Steven M. (1989): A Taxonomy of Multiple-Choice Item-Writing Rules. In: *Applied Measurement in Education* 2 (1), S. 37–50. DOI: 10.1207/s15324818ame0201_3.

Haladyna, Thomas M.; Downing, Steven M. (1989): Validity of a Taxonomy of Multiple-Choice Item-Writing Rules. In: *Applied Measurement in Education* 2 (1), S. 51–78. DOI: 10.1207/s15324818ame0201_4.

Haladyna, Thomas M.; Downing, Steven M.; Rodriguez, Michael C. (2002): A Review of Multiple-Choice Item-Writing Guidelines for Classroom Assessment. In: *Applied Measurement in Education* 15 (3), S. 309–333. DOI: 10.1207/S15324818AME1503_5.

Hall, Richard H.; Collier Harvest L.; Thomas Marcie L.; Hilgers Michael G. (2005): A Student Response System for Increasing Engagement, Motivation, and Learning in High Enrollment Lectures. In: *AMCIS 2005 Proceedings* (255).

Han, Jae Hoon (2014): Unpacking and repacking the factors affecting students' perceptions of the use of classroom communication systems (CCS) technology. In: *Computers & Education* 79, S. 159–176. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.07.011.

Hatlevik, Ove Edvard; Throndsen, Inger; Loi, Massimo; Gudmundsdottir, Greta B. (2018): Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships. In: *Computers & Education* 118, S. 107–119. DOI: 10.1016/j.compedu.2017.11.011.

Herrmann-Abell, Cari F.; DeBoer, George E. (2011): Using distractor-driven standards-based multiple-choice assessments and Rasch modeling to investigate hierarchies of chemistry misconceptions and detect structural problems with individual items. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 12 (2), S. 184–192. DOI: 10.1039/C1RP90023D.

Hillmayr, Delia; Reinhold, Frank; Ziernwald, Lisa; Reiss, Kristina (2017): Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster, New York: Waxmann. Online verfügbar unter https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3766Volltext.pdf&typ=zusatztext.

Hoekstra, Angel (2008): Vibrant student voices: exploring effects of the use of clickers in large college courses. In: *Learning, Media and Technology* 33 (4), S. 329–341. DOI: 10.1080/17439880802497081.

Hunsu, Nathaniel J.; Adesope, Olusola; Bayly, Dan James (2016): A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. In: *Computers & Education* 94, S. 102–119. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.11.013.

Jerusalem, Matthias; Satow, Lars (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKSCHUL). In: Ralf Schwarzer und Jerusalem (Hg.): Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: R. Schwarzer.

Jordan, Patrick W. (Hg.) (1996): Usability evaluation in industry. [based on the International Seminar Usability Evaluation in Industry that was held at Eindhoven, The Netherlands, on 14 and 15 September 1994]. Philips Corporate Design; International Seminar Usablity Evaluation in Industry; International Seminar Usability Evaluation in Industry. London: Taylor & Francis.

K. McFerrin, R. Weber, R. Carlsen & D. Willis (Eds.) (Hg.): Proceedings of SITE 2008--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Las Vegas, Nevada, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Kadir, R. A., Siddiq, A. N. A., Yahya, N. A., Rusdi, A. R., Zakaria, H., & Hussain, H. (2013): Audience response system (ARS) technology and dentist attendance in smoking cessation workshop. In: *Sains Malaysiana* 2013 (42 (1)), S. 1–5.

Kang, Hosun; Lundeberg, Mary; Wolter, Bjørn; delMas, Robert; Herreid, Clyde F. (2012): Gender differences in student performance in large lecture classrooms using personal response systems (‘clickers’) with narrative case studies. In: *Learning, Media and Technology* 37 (1), S. 53–76. DOI: 10.1080/17439884.2011.556123.

Kay, Robin H. (2009): Examining gender differences in attitudes toward interactive classroom communications systems (ICCS). In: *Computers & Education* 52 (4), S. 730–740. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.11.015.

Kay, Robin H. (2019): Elementary School Students' Perceptions of Using Student Response Systems. Kay, R. (2019). In(pp. 204-208). Amsterdam, Netherlands: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved February 24, 2020 from https://www.learntechlib.org/primary/p/210003/. In: *J. Theo Bastiaens (Ed.), Proceedings of EdMedia + Innovate Learning*, 2019, S. 204–208.

Kay, Robin H.; Knaack Liesel (2009): Exploring Individual Differences in Attitudes toward Audience Response Systems. In: *Canadian Journal of Learning and Technology* 35 (1).

Kay, Robin H.; LeSage, Ann (2009): Examining the benefits and challenges of using audience response systems. A review of the literature. In: *Computers & Education* 53 (3), S. 819–827. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.05.001.

Kelly, Resa M.; Barrera, Juliet H.; Mohamed, Saheed C. (2010): An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students’ Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. In: *J. Chem. Educ.* 87 (1), S. 113–118. DOI: 10.1021/ed800011a.

Kennedy, Gregor E.; Cutts, Quintin I. (2005): The association between students' use of an electronic voting system and their learning outcomes. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 21 (4), S. 260–268. Online verfügbar unter https://pdfs.semanticscholar.org/fc60/26b37d5d53cc059dd8c290f97455598d6e5e.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Kibler, Simone (2015): Audience Response Systeme - Möglichkeiten und Grenzen ihres Einsatzes bei der Vermittlung von Informationskompetenz in wissenschaftlichen Bibliotheken. In: *Wissenschaftliche Bibliotheken b.i.t. online* 18 (2), S. 118–125.

King, Daniel B.; Joshi, Shivani (2008): Gender Differences in the Use and Effectiveness of Personal Response Devices. In: *J Sci Educ Technol* 17 (6), S. 544–552. DOI: 10.1007/s10956-008-9121-7.

KMK (1995). (1995): Medienpädagogik in der Schule - Erklärung der Kultusministerkonferenz vom 12.05.1995. Online verfügbar unter http://www.nibis.de/nli1/chaplin/portal%20neu/portal_start/start_grundsaetze/materialien_grundsaetze/3kmk95.pdf, zuletzt geprüft am 24.10.2018.

KMK (1998). (1998): Zur Rolle der Medienpädagogik, insbesondere der neuen Medien und der Telekommunikation in der Lehrerbildung - Bericht des Schulausschusses vom 11.12.1998. Online verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/Beschluesse_Veroeffentlichungen/neuemed.pdf., zuletzt geprüft am 02.12.2019.

KMK (2012). (2012): Medienbildung in der Schule. Online verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf., zuletzt geprüft am 02.12.2019.

KMK (2016).: Strategie der Kultusministerkonferenz. Bildung in der digitalen Welt. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 - in der Fassung vom 07.12.2017. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf, zuletzt geprüft am 02.12.2019.

Köller, Olaf; Möller, Jens (2006): Selbstwirksamkeit. In: Detlef H. Rost (Hg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. 3., überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Beltz PVU (Schlüsselbegriffe), S. 693–699.

König, A. (2003): Computergestützte Lehr- und Lernmaterialien zur chemischen Bindung. Universität Köln, Köln. Online verfügbar unter http://kups.ub.uni-koeln.de/1270/1/Dissertation_Koenig.pdf, zuletzt geprüft am 23.01.2020.

Kortum, Philip T.; Bangor, Aaron (2013): Usability Ratings for Everyday Products Measured With the System Usability Scale. In: *International Journal of Human–Computer Interaction* 29 (2), S. 67–76. DOI: 10.1080/10447318.2012.681221.

Kotzebue, Lena von; Nerdel, Claudia (2012): Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen. In: *Zeitrschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 181–200.

Krause, Moritz & Eilks, Ingo (2014): Lernwege mit PREZI modern gestalten - Beispiele zum Teilchenkonzept. In: Jörg Maxton-Küchenmeister und Jenny Meßinger-Koppelt (Hg.): Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag (Naturwissenschaften), S. 209–215.

Kühbeck, Felizian; Engelhardt, Stefan; Sarikas, Antonio (2014): OnlineTED.com--a novel web-based audience response system for higher education. A pilot study to evaluate user acceptance. In: *GMS Zeitschrift fur medizinische Ausbildung* 31 (1), Doc5. DOI: 10.3205/zma000897.

Kulik, Chen-Lin C.; Kulik, James A. (1991): Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. In: *Computers in Human Behavior* 7 (1-2), S. 75–94. DOI: 10.1016/0747-5632(91)90030-5.

Kulik, James A.; Kulik, Chen-Lin C.; Bangert-Drowns, Robert L. (1985): Effectiveness of computer-based education in elementary schools. In: *Computers in Human Behavior* 1 (1), S. 59–74. DOI: 10.1016/0747-5632(85)90007-X.

Kundisch, Dennis; Magenheim, Johannes; Beutner, Marc; Herrmann, Philipp; Reinhardt, Wolfgang; Zokye, Andrea (2013): Classroom Response Systems. In: *Informatik Spektrum* 36 (4), S. 389–393. DOI: 10.1007/s00287-013-0713-0.

Lachmayer, Simone (2008): Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht. @Kiel, Univ., Diss., 2008. Online verfügbar unter http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:8-diss-30414.

Lachmayr, Simone; Nerdel, Claudia, Prechtl, Helmut (2007): Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: *Zeitrschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13. Online verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/008_Lachmayer_13.pdf, zuletzt geprüft am 19.02.2020.

Landrum, R. Eric (2013): The Ubiquitous Clicker. In: *Teaching of Psychology* 40 (2), S. 98–103. DOI: 10.1177/0098628312475028.

Lasry, N. (2008): Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? In: *The Physics Teacher* 46 (4), S. 242–244. DOI: 10.1119/1.2895678.

Lee, Albert W. M.; Ng, Joseph K. Y.; Wong, Eva Y. W.; Tan, Alfred; Lau, April K. Y.; Lai, Stephen F. Y. (2013): Lecture Rule No. 1. Cell Phones ON, Please! A Low-Cost Personal Response System for Learning and Teaching. In: *J. Chem. Educ.* 90 (3), S. 388–389. DOI: 10.1021/ed200562f.

Lee, Hyunju; Feldman, Allan; Beatty, Ian D. (2012): Factors that Affect Science and Mathematics Teachers' Initial Implementation of Technology-Enhanced Formative Assessment Using a Classroom Response System. In: *J Sci Educ Technol* 21 (5), S. 523–539. DOI: 10.1007/s10956-011-9344-x.

Lewis, James R. (2018): The System Usability Scale. Past, Present, and Future. In: *International Journal of Human–Computer Interaction* 34 (7), S. 577–590. DOI: 10.1080/10447318.2018.1455307.

Liu, Cui; Chen, Sufen; Chi, Chi; Chien, Kuei-Pin; Liu, Yuzhen; Chou, Te-Lien (2017): The Effects of Clickers With Different Teaching Strategies. In: *Journal of Educational Computing Research* 55 (5), S. 603–628. DOI: 10.1177/0735633116674213.

Lorenz, Ramona (2018): Ressourcen, Einstellungen und Lehrkraftbildung im Bereich Digitalisierung. In: Nele McElvany, Franziska Schwabe, Wilfried Bos und Heinz Günter Holtappels (Hg.): Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen. Münster, New York: Waxmann (IFS-Bildungsdialoge, Band 2), S. 53–68.

Lucke Terry, Keyssner Ulrike and Peter Dunn (2013): The Use of a Classroom Response System to More Effectively Flip the Classroom, University of the Sunshine Coast QLD, Australia. Faculty of Science, Health, Education and Engineering.

Luxford, Cynthia J.; Bretz, Stacey Lowery (2014): Development of the Bonding Representations Inventory To Identify Student Misconceptions about Covalent and Ionic Bonding Representations. In: *J. Chem. Educ.* 91 (3), S. 312–320. DOI: 10.1021/ed400700q.

MacArthur, James (2013): How Will Classroom Response Systems "Cross the Chasm"? In: *J. Chem. Educ.* 90 (3), S. 273–275. DOI: 10.1021/ed300215d.

MacArthur, James R.; Jones, Loretta L. (2008): A review of literature reports of clickers applicable to college chemistry classrooms. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 9 (3), S. 187–195. DOI: 10.1039/b812407h.

Maxton-Küchenmeister (Hg.).

Maxton-Küchenmeister, Jörg; Meßinger-Koppelt, Jenny (Hg.) (2014): Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag (Naturwissenschaften).

Mayer, Richard E.; Stull, Andrew; DeLeeuw, Krista; Almeroth, Kevin; Bimber, Bruce; Chun, Dorothy et al. (2009): Clickers in college classrooms: Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. In: *Contemporary Educational Psychology* 34 (1), S. 51–57. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2008.04.002.

Mazur, Eric (1997): Peer instruction. A user's manual ; [includes class-tested, ready-to-use resources]. [Nachdr.]. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall (Prentice Hall series in educational innovation).

Mazur, Eric; Somers, Mark D. (1999): Peer Instruction. A User's Manual. In: *American Journal of Physics* 67 (4), S. 359–360. DOI: 10.1119/1.19265.

McElvany, Nele; Schwabe, Franziska; Bos, Wilfried; Holtappels, Heinz Günter (Hg.) (2018): Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen. Waxmann Verlag. Münster, New York: Waxmann (IFS-Bildungsdialoge, Band 2).

Miller, Redonda G.; Ashar, Bimal H.; Getz, Kelly J. (2003): Evaluation of an audience response system for the continuing education of health professionals. In: *The Journal of continuing education in the health professions* 23 (2), S. 109–115. DOI: 10.1002/chp.1340230208.

Moore, Geoffrey A. (2014): Crossing the chasm. Marketing and selling disruptive products to mainstream customers. 3. ed. New York, NY: Harper Business.

Müller, F. H. & Thomas, A. (2011): Self-Regulation Questionnaire for Adolescent Students (SRQ-A[G]). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern (überarbeitete Fassung). Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität. Online verfügbar unter https://ius.aau.at/wp-content/uploads/2016/01/Schuelerfragebogen_Motivation_U.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Müller, F. H., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2007): Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern: Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self- Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität. Online verfügbar unter https://ius.aau.at/wp-content/uploads/2016/01/486_IUS_Forschungsbericht_1_Motivationsskalen.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Nakhleh, Mary B. (1992): Why some students don't learn chemistry. Chemical misconceptions. In: *J. Chem. Educ.* 69 (3), S. 191. DOI: 10.1021/ed069p191.

Nakhleh, Mary B.; Samarapungavan, Ala (1999): Elementary school children's beliefs about matter. In: *J. Res. Sci. Teach.* 36 (7), S. 777–805. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7%3C777::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-Z.

Nakhleh, Mary B.; Samarapungavan, Ala; Saglam, Yilmaz (2005): Middle school students' beliefs about matter. In: *J. Res. Sci. Teach.* 42 (5), S. 581–612. DOI: 10.1002/tea.20065.

Nicol David J., Boyle T. (2003): Peer Instruction versus Class-wide Discussion in large classes: acomparison of two interaction methods in the wired classroom. (28 (4)), S. 458–473.

Niedersächsisches Kultusministerium (2015): Kerncurriculum für das GymnasiumSchuljahrgänge 5-10 - Naturwissenschaften. Online verfügbar unter https://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/nw_gym_si_kc_druck.pdf, zuletzt geprüft am 26.03.2020.

Niemeyer, Emily D.; Zewail-Foote, Maha (2018): Investigating the Influence of Gender on Student Perceptions of the Clicker in a Small Undergraduate General Chemistry Course. In: *J. Chem. Educ.* 95 (2), S. 218–223. DOI: 10.1021/acs.jchemed.7b00389.

Nurrenbern, Susan C.; Pickering, Miles (1987): Concept learning versus problem solving. Is there a difference? In: *J. Chem. Educ.* 64 (6), S. 508. DOI: 10.1021/ed064p508.

Nurrenbern, Susan C.; Robinson, William R. (1998): Conceptual Questions and Challenge Problems. In: *J. Chem. Educ.* 75 (11), S. 1502. DOI: 10.1021/ed075p1502.

Pietzner, Verena (2014): ChiLe - Chemie interaktiv Lernen: Eine Online-Materialsammlung für den Chemieunterricht. In: Jörg Maxton-Küchenmeister und Jenny Meßinger-Koppelt (Hg.): Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag (Naturwissenschaften), S. 197–202.

Pietzner, Verena (2014): Computer-Based Learning in Chemistry Classes. In: *Eurasia J Math Sci Tech Ed* 10 (4), S. 297–311. DOI: 10.12973/eurasia.2014.1084a.

Pietzner, Verena; Schmidkunz, Heinz (Hg.) (2006): Computer im Chemieunterricht. Eine praxisorientierte Einführung. Köln: Aulis-Verl. Deubner (Unterrichtshilfen Naturwissenschaften).

Poirier, Christopher R.; Feldman, Robert S. (2007): Promoting Active Learning Using Individual Response Technology in Large Introductory Psychology Classes. In: *Teaching of Psychology* 34 (3), S. 194–196. DOI: 10.1080/00986280701498665.

Preszler, Ralph W.; Dawe, Angus; Shuster, Charles B.; Shuster, Michèle (2007): Assessment of the effects of student response systems on student learning and attitudes over a broad range of biology courses. In: *CBE life sciences education* 6 (1), S. 29–41. DOI: 10.1187/cbe.06-09-0190.

Prieto‡, T.; Blanco, A.; Rodriguez, A. (1989): The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. In: *International Journal of Science Education* 11 (4), S. 451–463. DOI: 10.1080/0950069890110409.

Quibeldey-Cirkel, Klaus (2018): Lehren und Lernen mit Audience Response Systemen. In: Claudia de Witt und Christina Gloerfeld (Hg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 809–839.

Ravenscroft, Andrew; Lindstaedt, Stefanie; Kloos, Carlos Delgado; Hernández-Leo, Davinia (Hg.) (2012): 21st century learning for 21st century skills. 7th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2012, Saarbrücken, Germany, September 18 - 21, 2012 ; proceedings. EC-TEL; European Conference on Technology Enhanced Learning. Berlin: Springer (Lecture notes in computer science, 7563). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33263-0.

Reay, N. W.; Li, Pengfei; Bao, Lei (2008): Testing a new voting machine question methodology. In: *American Journal of Physics* 76 (2), S. 171–178. DOI: 10.1119/1.2820392.

Reay, Neville W.; Bao, Lei; Li, Pengfei; Warnakulasooriya, Rasil; Baugh, Gordon (2005): Toward the effective use of voting machines in physics lectures. In: *American Journal of Physics* 73 (6), S. 554–558. DOI: 10.1119/1.1862638.

Reinhardt W. et al. (2012) (2012): PINGO: Peer Instruction for Very Large Groups. In: Andrew Ravenscroft, Stefanie Lindstaedt, Carlos Delgado Kloos und Davinia Hernández-Leo (Hg.): 21st century learning for 21st century skills. 7th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2012, Saarbrücken, Germany, September 18 - 21, 2012 ; proceedings. Berlin: Springer (Lecture notes in computer science, 7563).

Richardson, Chris T.; O'Shea, Brian W. (2013): Assessing gender differences in response system questions for an introductory physics course. In: *American Journal of Physics* 81 (3), S. 231–236. DOI: 10.1119/1.4773562.

Robertson, Lorraine J. (2009): Twelve tips for using a computerised interactive audience response system. In: *Medical Teacher* 22 (3), S. 237–239. DOI: 10.1080/01421590050006179.

Roeder, Burkhard (2006): Schülerbefragung. In: Detlef H. Rost (Hg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. 3., überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Beltz PVU (Schlüsselbegriffe), S. 637–642.

Rogers, E.M (1995): Diffusion of innovations. Fourth Edition ed. New York: Free Press.

Rost, Detlef H. (Hg.) (2006): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. 3., überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Beltz PVU (Schlüsselbegriffe). Online verfügbar unter http://haw-hamburg.ciando.com/shop/book/short/index.cfm/fuseaction/short/bok_id/12019.

Roush, Cora M. (2016): The effects of clickers on high school students' self-efficacy and integrative motivation to learn and acquire a second language. Dissertation. Towson University. Department of Educational Technology and Literacy. Online verfügbar unter http://library.towson.edu/cdm/ref/collection/etd/id/47565.

Russell, Janet S.; McWilliams, Mindy; Chasen, Laura; Farley, Jean (2011): Using clickers for clinical reasoning and problem solving. In: *Nurse educator* 36 (1), S. 13–15. DOI: 10.1097/NNE.0b013e3182001e18.

Ryan, Richard M.; Connell, James P. (1989): Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 57 (5), S. 749–761. DOI: 10.1037/0022-3514.57.5.749.

Ryan, Richard M.,Deci, Edward L (2000): Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being 55 (1), S. 68–78.

Salzer, Reiner (2018): Smartphones as audience response systems for lectures and seminars. In: *Analytical and bioanalytical chemistry*. DOI: 10.1007/s00216-017-0794-8.

Sauro, Jeff (2011): A practical guide to the system usability scale. Background, benchmarks & best practices.

Sauro, Jeff; Lewis, James R. (2012): Quantifying the user experience. Practical statistics for user research. Amsterdam: Morgan Kaufmann/Elsevier (Safari Tech Books Online). Online verfügbar unter http://proquest.safaribooksonline.com/9780123849687.

Schrader, Frank & Schanze, Sascha (2015): Messwerte digital erfassen. Erfassung und Verarbeitung von Messwerten mit neuen Medien. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 26 (145), S.34-38.

Schwartz, P.; Nitsche, K. & Eymann, T. (2014): Der Markt für Audience Response Systeme - eine explorative Marktstudie. In: Stephan Trahasch (Hg.): DeLFI 2014 - Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. 15.-17. September 2014 in Freiburg. Bonn: Ges. für Informatik (GI Edition Proceedings, 233), S. 277–285.

Schwarzer, Ralf; Jerusalem (Hg.) (1999): Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: R. Schwarzer.

Schwarzer, Ralf; Jerusalem, Matthias (2002): Das Konzept der Selbstwirksamkeit. Weinheim: Beltz.

Selley, Nicholas J. (2000): Students' spontaneous use of a particulate model for dissolution. In: *Research in Science Education* 30 (4), S. 389–402. DOI: 10.1007/BF02461558.

Shea, Kevin M. (2016): Beyond Clickers, Next Generation Classroom Response Systems for Organic Chemistry. In: *J. Chem. Educ.* 93 (5), S. 971–974.

Sieve, Bernhard.; Ulrich, N.; Schanze Sascha. (2014): Vom Lehrerwerkzeug zum Werkzeug für Lernende - Wie bekommen Lehrer Perspektiven für die Nutzung interaktiver Whiteboards? In: *Computer und Unterricht* (93), S. 53–54.

Sieve, Bernhard (2019): Drum prüfe, wer sich ewig bindet … Bindungen und Wechselwirkungen fachlich und didaktisch betrachtet. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 30 (169), S. 2–7.

Sieve, Bernhard; Ehlers, Christoph und Struckmeier, Sabine (2015): Smartphones sinnvoll einsetzen. Dokumentationshilfe für Experimente und Messgerät. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 26 (145), S. 18–21.

Sieve, Bernhard; Graulich, Nicole; Caspari, Ira; Bittorf, Robert (2017): Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 28 (160), S. 2–7.

Sieve, Bernhard & Schanze, Sascha (2015): Lernen im digital organisierten Chemieraum. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 26. (145), S. 2–5.

Simpson, Vicki; Oliver, Martin (2007): Electronic voting systems for lectures then and now: A comparison of research and practice. In: *AJET* 23 (2). DOI: 10.14742/ajet.1264.

Stavy, Ruth (1990): Children's conception of changes in the state of matter. From liquid (or solid) to gas. In: *J. Res. Sci. Teach.* 27 (3), S. 247–266. DOI: 10.1002/tea.3660270308.

Stowell, Jeffrey R.; Nelson, Jason M. (2016): Benefits of Electronic Audience Response Systems on Student Participation, Learning, and Emotion. In: *Teaching of Psychology* 34 (4), S. 253–258. DOI: 10.1080/00986280701700391.

Straumanis, Andrei R.; Ruder, Suzanne M. (2009): A Method for Writing Open-Ended Curved Arrow Notation Questions for Multiple-Choice Exams and Electronic-Response Systems. In: *J. Chem. Educ.* 86 (12), S. 1392. DOI: 10.1021/ed086p1392.

Tepner, Markus (2007): Effektivität des Gruppenpuzzles im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Technische Universität Dortmund, Dortmund.

Thomas, A. E. & Müller, F. H. (2011): Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Skalen zur akademischen Selbstregulation von Schüler/innen SRQ-A [G] (überarbeitete Fassung). Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung Nr.5. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität. Online verfügbar unter https://ius.aau.at/wp-content/uploads/2016/01/IUS_Forschungsbericht_5.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Thomsen, Stefan; Dukorn, Wolfgang; Nörpel, Thomas (2015): Tablets für den Unterricht nutzen. Das Tablet als Alternative zum interaktiven Whitboard? In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 26 (145), S. 12–17.

Towns, Marcy H. (2010): Crossing the Chasm with Classroom Response Systems. In: *J. Chem. Educ.* 87 (12), S. 1317–1319. DOI: 10.1021/ed9000624.

Towns, Marcy H. (2014): Guide To Developing High-Quality, Reliable, and Valid Multiple-Choice Assessments. In: *J. Chem. Educ.* 91 (9), S. 1426–1431. DOI: 10.1021/ed500076x.

Trahasch, Stephan (Hg.) (2014): DeLFI 2014 - Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. 15.-17. September 2014 in Freiburg. DeLFI; Gesellschaft für Informatik; Fachtagung Informatik. Bonn: Ges. für Informatik (GI Edition Proceedings, 233).

Turner, Monica; VanderHeide, Katie; Fynewever, Herb; Shavelson, Richard J. (2011): Motivations for and barriers to the implementation of diagnostic assessment practices - a case study. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 12 (2), S. 142–157. DOI: 10.1039/C1RP90019F.

Vickrey, Trisha; Rosploch, Kaitlyn; Rahmanian, Reihaneh; Pilarz, Matthew; Stains, Marilyne (2015): Research-based implementation of peer instruction. A literature review. In: *CBE life sciences education* 14 (1), es3. DOI: 10.1187/cbe.14-11-0198.

Vital, Fred (2012): Creating a Positive Learning Environment with the Use of Clickers in a High School Chemistry Classroom. In: *J. Chem. Educ.* 89 (4), S. 470–473. DOI: 10.1021/ed101160x.

Voith, Laura A.; Holmes, Megan R.; Duda-Banwar, Janelle (2018): Clicking Toward Better Grades: The Use of Student Response Systems in Social Work Education. In: *Journal of Social Work Education* 54 (2), S. 239–249. DOI: 10.1080/10437797.2017.1283268.

Voogt, Joke; Knezek, Gerald; Christensen, Rhonda; Lai, Kwok-Wing (Hg.) (2018): Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education. Cham: Springer International Publishing (Springer International Handbooks of Education).

Vos, Wobbe de; Verdonk, Adri H. (1996): The particulate nature of matter in science education and in science. In: *J. Res. Sci. Teach.* 33 (6), S. 657–664. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6%3C657::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-N.

wagner: Introduction 1, S. 1–14. DOI: 10.1002/9781118170229.ch1.

Weber, Katrin (2013): Formative Evaluation des mobilen Classroom-Response-Systems SMILE. Münster: Waxmann.

Weise, G. (1975): Psychologische Leistungstests. Göttingen: Hogrefe.

Williams, Antony J.; Pence, Harry E. (2011): Smart Phones, a Powerful Tool in the Chemistry Classroom. In: *J. Chem. Educ.* 88 (6), S. 683–686. DOI: 10.1021/ed200029p.

Wit, Ernst (2003): Who wants to be? The use of a Personal Response System in statistics teaching. In: *MSOR Connections* 3 (2), S. 5–11.

Witt, Claudia de; Gloerfeld, Christina (Hg.) (2018): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Woelk, Klaus (2008): Optimizing the Use of Personal Response Devices (Clickers) in Large-Enrollment Introductory Courses. In: *J. Chem. Educ.* 85 (10), S. 1400. DOI: 10.1021/ed085p1400.

Zhong, Zhi-Jin (2011): From access to usage: The divide of self-reported digital skills among adolescents. In: *Computers & Education* 56 (3), S. 736–746. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.10.016.

Zöfel, Peter (2011): Statistik für Psychologen. Im Klartext. München: Pearson Higher Education (PS - Psychologie).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf einer Vorlesung mit Peer Instruction (Lasry, 2008) 10
Abbildung 2: The Question Cyle (Dufresne et al., 1996) 11
Abbildung 3: Grafische Darstellung des technology adoption life cycle (Towns, 2010, S.1318) 22
Abbildung 4: Startbildschirm ARSnova.app 29
Abbildung 5: Hauptmenü ARSnova 30
Abbildung 6 ARSnova - Feedback und Kommentare 30
Abbildung 7: Schüleransicht - Beantworten einer Frage 31
Abbildung 8: Unterer Bereich des Startbildschirms 31
Abbildung 9: Erstellen einer Session in ARSnova 33
Abbildung 10: Inhalte erstellen - Vortragsfolien 34
Abbildung 11: Inhalte erstellen - Menüleiste 34
Abbildung 12: Inhalte erstellen – Multiple-Choice-Frage 35
Abbildung 13: Startbildschirm - Lehreransicht 36
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Auswahl verschiedener Inhalte aus dem Startbildschirm 37
Abbildung 15: Auswahl und Start der Abstimmung 38
Abbildung 16: Projektablauf 40
Abbildung 17: Schematische Darstellung des Einsatzes von ARSnova während einer Unterrichtsstunde 47
Abbildung 18: Aufgabe mit freier Texteingabe zum Einstieg in eine Unterrichtsstunde Klasse 6 55
Abbildung 19: Multiple-Choice-Aufgabe zum Einstieg in das Thema Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln 56
Abbildung 20: Multiple-Choice-Aufgabe zur Deutung eines Experiments 57
Abbildung 21: Aufgabe mit Filmbeitrag (Klasse 10) 58
Abbildung 22: Multiple-Choice-Aufgabe - Sublimieren auf Teilchenebene 59
Abbildung 23: Modell zur Wirkungsweise des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht (Bolte, 2004a, S.3) 61
Abbildung 24: Kontinuum der Selbstbestimmung (Deci, 2002, S.16; Müller et. al., 2007, S.4) 62
Abbildung 25: Für die Studie adaptierte Skala zur Amotivation (Thomas & Müller, 2011) 63
Abbildung 26: Fragebogen zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (Jerusalem & Satow, 1999) 64
Abbildung 27: Einschätzung der ermittelten Punktzahl für die System Usability (Bangor et al., 2008, S.592) 65
Abbildung 28: Adaptierte Version der Skala zur System Usability 66
Abbildung 29 Wissenstest Klasse 6 Aufgabe 1 mit Musterlösung 76
Abbildung 30: Wissenstest Klasse 6 Aufgabe 2 mit Musterlösung 77
Abbildung 31: Wissenstest Klasse 6 - Aufgabe 3 77
Abbildung 32: Wissenstest Klasse 6 - Aufgabe 4 mit Musterlösung 78

Abbildung 33: Aufgabe zum Lösungsverhalten von Kaliumnitrat beim Erwärmen 79
Abbildung 34: Bildmaterial Aufgabe 6..... 80
Abbildung 35: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 1 mit Musterlösung 83
Abbildung 36: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe2..... 84
Abbildung 37: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 3 84
Abbildung 38: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 4 85
Abbildung 39: Wissenstest Klasse 10 Ausschnitt Material Aufgabe 5 86
Abbildung 40: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 6 86
Abbildung 41: Wissenstest Klasse 10 Aufgabe 7 87
Abbildung 42: Wissenstest Klasse 10 Ausschnitt Aufgabe 8 88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geschlechterverteilung teilnehmender Klassen 41
Tabelle 2: Notenverteilung Klasse 10 41
Tabelle 3: Zusammenhang Subdimension Mitarbeit - Lernklima Partizipationsbereitschaft und Mitarbeit 44
Tabelle 4: Übersicht der Unterrichtseinheit in der 6. Klasse 49
Tabelle 5: Übersicht über den Ablauf der Unterrichtseinheit in der 10.Klasse 52
Tabelle 6: Sauro - Lewis curved grading scale (CGS) aus Lewis (2018) 65
Tabelle 7: KMO und Bartlett-Test 69
Tabelle 8: Hauptkomponentenanalyse mit Varimax Rotation 70
Tabelle 9: Komponentenmatrix - Fragebogen Einstellung zum Unterricht mit ARSnova 71
Tabelle 10: Reliabilität des Fragebogens zur Meinung des Unterrichts mit ARSnova 71
Tabelle 11: Reliabilitäten der Subskalen Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration 72
Tabelle 12: Skalenstatistik des Fragebogens zur Erfassung der Meinung zum Unterricht mit ARSnova 73
Tabelle 13: Skalenstatistik des Fragebogens zur Erfassung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration 74
Tabelle 14: Rangkorrelationsanalyse nach Spearman - Pilotierung Leistungstest Klasse 6 75
Tabelle 15: Rangkorrelationsanalyse Pilotierung Klasse 10 82
Tabelle 16: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima jahrgangsübergreifend 91
Tabelle 17: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima jahrgangsübergreifend 92
Tabelle 18: Wilcoxon-Test Lernklima – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest jahrgangsübergreifend 92
Tabelle 19: Wilcoxon-Test – Lernklima, Signifikanzen jahrgangsübergreifend 93
Tabelle 20: Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests – Prätest zum Lernklima Klasse 6 94
Tabelle 21: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Post-Test zum Lernklima Klasse 6 94
Tabelle 22: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest Klasse 6 95
Tabelle 23: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärken Klasse 6 96
Tabelle 24: Auswertung Mann-Whitney-U-Test Prä-Test Klasse 10 97
Tabelle 25: Auswertung Mann-Whitney-U-Test Post-Test – Klasse 10 97
Tabelle 26: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Interventions- und Kontrollgruppe Vergleich Prä-/Posttest Klasse 10 98
Tabelle 27: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Lernklima Klasse 10 99
Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 99
Tabelle 29: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend 100

Tabelle 30: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe (jahrgangsübergreifend)..... 100
Tabelle 31: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 101
Tabelle 32: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schülerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest (jahrgangsübergreifend) 101
Tabelle 33: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen jahrgangsübergreifend... 102
Tabelle 34: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend 103
Tabelle 35: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest 103
Tabelle 36: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler jahrgangsübergreifend..... 104
Tabelle 37: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe (jahrgangsübergreifend)..... 105
Tabelle 38: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 6..... 105
Tabelle 39: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 6..... 106
Tabelle 40: Mann-Whitney-U-Test – Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6..... 106
Tabelle 41: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 6 107
Tabelle 42: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen - Schülerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe Prä-/Posttest 107
Tabelle 43: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen Klasse 6..... 108
Tabelle 44: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 6 109
Tabelle 45: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler der Interventions- und Kontrollgruppe Klasse 6 Prä-/Posttest..... 109
Tabelle 46: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler Klasse 6..... 110
Tabelle 47: Mann-Whitney-U-Test – Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6..... 110
Tabelle 48: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 10..... 111
Tabelle 49: Mann-Whitney-U-Test - Prätest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 10..... 111
Tabelle 50: Mann-Whitney-U-Test – Prätest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10..... 112
Tabelle 51: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen Klasse 10..... 112
Tabelle 52: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schülerinnen Klasse 10 Prä-/Posttest..... 113
Tabelle 53: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen Klasse 10..... 114
Tabelle 54: Mann-Whitney-U-Test - Posttest zum Lernklima - Vergleich Schüler Klasse 10 114
Tabelle 55: Wilcoxon-Test Lernklima-Dimensionen – Schüler Klasse 10 Prä-/Posttest..... 115
Tabelle 56: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Schüler Klasse 10..... 116
Tabelle 57: Mann-Whitney-U-Test – Posttest zum Lernklima - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10..... 116

Tabelle 58: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (jahrgangsübergreifend) ... 117
Tabelle 59: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Prätest jahrgangsübergreifend ... 117
Tabelle 60: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie - Prätest jahrgangsübergreifend 118
Tabelle 61: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest jahrgangsübergreifend ... 118
Tabelle 62: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung jahrgangsübergreifend ... 119
Tabelle 63: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke ... 120
Tabelle 64: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest jahrgangsübergreifend ... 120
Tabelle 65: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie - Posttest jahrgangsübergreifend ... 120
Tabelle 66: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie jahrgangsübergreifende Stichprobe ... 120
Tabelle 67: Wilcoxon-Test - Signifikanzen jahrgangsübergreifend ... 121
Tabelle 68: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (Prätest Klasse 6) ... 121
Tabelle 69: Auswertung Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Prätest Klasse 6 ... 121
Tabelle 70 Mann-Whitney-U-Test - Amotivation im Fach Chemie- Prätest Klasse 6 ... 122
Tabelle 71: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Klasse 6 ... 122
Tabelle 72: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest Klasse 6 ... 123
Tabelle 73: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Klasse 6 ... 123
Tabelle 74: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke ... 125
Tabelle 75: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Klasse 6 ... 125
Tabelle 76: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Klasse 6 ... 125
Tabelle 77: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Klasse 6 ... 125
Tabelle 78: Mann-Whitney-U-Test Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung (Prätest Klasse 10) ... 126
Tabelle 79: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex Prätest Klasse 10 ... 126
Tabelle 80: Mann-Whitney-U-Test - Amotivation Prätest Klasse 10 ... 126
Tabelle 81: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Klasse 10 ... 127
Tabelle 82: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex (SDI)- Posttest Klasse 10 ... 127
Tabelle 83: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Klasse 10 ... 128
Tabelle 84: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen/ Effektstärke Klasse 10 ... 129
Tabelle 85: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Klasse 10 ... 129
Tabelle 86: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Klasse 10 ... 129

Tabelle 87: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Klasse 10 129
Tabelle 88: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen jahrgangsübergreifend 130
Tabelle 89: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 130
Tabelle 90: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend..... 130
Tabelle 91: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler jahrgangsübergreifend 131
Tabelle 92: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend 131
Tabelle 93: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler jahrgangsübergreifend..... 131
Tabelle 94: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend..... 131
Tabelle 95: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend..... 132
Tabelle 96: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 132
Tabelle 97: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Schülerinnen jahrgangsübergreifend 132
Tabelle 98: Mann-Whitney-U-Test – Selbstbestimmungsindex – Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 133
Tabelle 99: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen jahrgangsübergreifend 133
Tabelle 100: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen und Effektstärke Schülerinnen jahrgangsübergreifend 134
Tabelle 101: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend ... 134
Tabelle 102: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 134
Tabelle 103: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend 135
Tabelle 104: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler jahrgangsübergreifend 135
Tabelle 105: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler jahrgangsübergreifend 135
Tabelle 106: Wilcoxon-Test - Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler jahrgangsübergreifend 136
Tabelle 107: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Signifikanzen und Effektstärke Schüler jahrgangsübergreifend..... 137
Tabelle 108: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler jahrgangsübergreifend 137
Tabelle 109: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Vergleich Schülerinnen jahrgangsübergreifend 137

Tabelle 110: Wilcoxon-Test – Signifikanzen Amotivation Schülerinnen jahrgangsübergreifend 137
Tabelle 111: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 138
Tabelle 112: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend..... 138
Tabelle 113: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 138
Tabelle 114: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen Klasse 6 139
Tabelle 115: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen Klasse 6 .. 139
Tabelle 116: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen Klasse 6 139
Tabelle 117: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler Klasse 6..... 139
Tabelle 118: Mann-Whitney-U-Test – Prätest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler Klasse 6 140
Tabelle 119: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler Klasse 6..... 140
Tabelle 120: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 140
Tabelle 121: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 140
Tabelle 122: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6..... 140
Tabelle 123: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schülerinnen Klasse 6..... 141
Tabelle 124: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schülerinnen Klasse 6 142
Tabelle 125: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen Klasse 6..... 142
Tabelle 126: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 6 142
Tabelle 127: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 6 143
Tabelle 128: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schülerinnen Klasse 6..... 143
Tabelle 129: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schülerinnen Klasse 6 143
Tabelle 130: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler Klasse 6 144
Tabelle 131: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Vergleich Schüler Klasse 6 144
Tabelle 132: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler Klasse 6 144
Tabelle 133: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler Klasse 6 144

Tabelle 134: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Posttest Kontinuum der Selbstbestimmung Schüler Klasse 6 145
Tabelle 135: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schüler Klasse 6 145
Tabelle 136: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schüler Klasse 6 146
Tabelle 137: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 146
Tabelle 138: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 146
Tabelle 139: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 146
Tabelle 140: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schülerinnen Klasse 10 147
Tabelle 141: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Selbstbestimmungsindex - Schülerinnen Klasse 10 147
Tabelle 142: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schülerinnen Klasse 10 147
Tabelle 143: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Prätest Schüler Klasse 10 148
Tabelle 144: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Selbstbestimmungsindex - Schüler Klasse 10 148
Tabelle 145: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Schüler Klasse 10 148
Tabelle 146: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 148
Tabelle 147: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Prätest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 149
Tabelle 148: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 149
Tabelle 149: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schülerinnen Klasse 10 149
Tabelle 150: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Schülerinnen Klasse 10 150
Tabelle 151: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schülerinnen Klasse 10 150
Tabelle 152: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 10 150
Tabelle 153: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schülerinnen Klasse 10 151
Tabelle 154: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schülerinnen Klasse 10 151
Tabelle 155: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schülerinnen Klasse 10 151
Tabelle 156: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung - Posttest Schüler Klasse 10 152
Tabelle 157: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Selbstbestimmungsindex - Schüler Klasse 10 152
Tabelle 158: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Schüler Klasse 10 152
Tabelle 159: Wilcoxon-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung Schüler Klasse 10 152

Tabelle 160: Wilcoxon-Test – Signifikanzen und Effektstärke Kontinuum der Selbstbestimmung Schüler Klasse 10 153
Tabelle 161: Wilcoxon-Test - Amotivation im Fach Chemie Schüler Klasse 10 153
Tabelle 162: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Amotivation Schüler Klasse 10 153
Tabelle 163: Mann-Whitney-U-Test – Regulationsstile des Kontinuums der Selbstbestimmung – Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 154
Tabelle 164: Mann-Whitney-U-Test - Selbstbestimmungsindex – Posttest Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 154
Tabelle 165: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Amotivation Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10 154
Tabelle 166: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest jahrgangsübergreifend 155
Tabelle 167: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest jahrgangsübergreifend 155
Tabelle 168: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; jahrgangsübergreifend 155
Tabelle 169: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (jahrgangsübergreifend) - Signifikanzen 156
Tabelle 170: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Klasse 6 156
Tabelle 171: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Klasse 6 156
Tabelle 172: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Klasse6 157
Tabelle 173: Wilcoxon-Test – Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Klasse 6 - Signifikanzen 157
Tabelle 174: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Klasse 10 157
Tabelle 175: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Klasse 10 158
Tabelle 176: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Klasse 10 158
Tabelle 177: Wilcoxon-Test - Signifikanzen Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Klasse 10 158
Tabelle 178: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen jahrgangsübergreifend 159
Tabelle 179: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler jahrgangsübergreifend 159
Tabelle 180: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 159

Tabelle 181: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen jahrgangsübergreifend 160
Tabelle 182: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen jahrgangsübergreifend 160
Tabelle 183: Wilcoxon-Test - Signifikanzen 160
Tabelle 184: Mann-Whitney-U-Test - Schulische Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler jahrgangsübergreifend 160
Tabelle 185: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler jahrgangsübergreifend 161
Tabelle 186: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Signifikanzen Schüler jahrgangsübergreifend 161
Tabelle 187: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 161
Tabelle 188: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen Klasse 6 162
Tabelle 189: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler Klasse 6 162
Tabelle 190: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 6 162
Tabelle 191: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen Klasse 6 163
Tabelle 192: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen Klasse 6 163
Tabelle 193: Wilcoxon-Test - Signifikanzen - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schülerinnen Klasse 6 163
Tabelle 194: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler Klasse 6 164
Tabelle 195: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler Klasse 6 164
Tabelle 196: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schüler Klasse 6 164
Tabelle 197: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 6 165
Tabelle 198: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schülerinnen Klasse 10 165
Tabelle 199: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Schüler Klasse 10 165
Tabelle 200: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 10 166

Tabelle 201: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schülerinnen Klasse 10 166
Tabelle 202: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schülerinnen Klasse 10 166
Tabelle 203: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schülerinnen Klasse 10 167
Tabelle 204: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Schüler Klasse 10 167
Tabelle 205: Wilcoxon-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Prätest – Posttest; Schüler Klasse 10 167
Tabelle 206: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Schüler Klasse 10 168
Tabelle 207: Mann-Whitney-U-Test - Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung Posttest Vergleich Schülerinnen - Schüler Interventionsgruppe Klasse 10 168
Tabelle 208: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend 169
Tabelle 209: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend 169
Tabelle 210: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Prä/Post jahrgangsübergreifend 170
Tabelle 211: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke jahrgangsübergreifend 170
Tabelle 212: Mann-Whitney-U-Test – Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Klasse 6 171
Tabelle 213: Mann-Whitney-U-Test - Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest Klasse 6 172
Tabelle 214: Wilcoxon-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Klasse 6 172
Tabelle 215: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke Klasse 6 173
Tabelle 216: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Klasse 10 174
Tabelle 217: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Klasse 10 Posttest 175
Tabelle 218: Wilcoxon-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit Klasse 10 175
Tabelle 219: Wilcoxon-Test - Signifikanzen und Effektstärke Klasse 10 176
Tabelle 220: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend (Mädchen) 176
Tabelle 221: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest jahrgangsübergreifend (Jungen) 176

Tabelle 222: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Prätest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend..... 177
Tabelle 223: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend (Mädchen) 177
Tabelle 224: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Mädchen jahrgangsübergreifend 178
Tabelle 225: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Mädchen jahrgangsübergreifend 178
Tabelle 226: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest jahrgangsübergreifend (Jungen) 179
Tabelle 227: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Jungen jahrgangsübergreifend 179
Tabelle 228: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Jungen jahrgangsübergreifend 179
Tabelle 229: Mann-Whitney-U-Test - Einschätzung der Aufmerksamkeit, Mitarbeit und Konzentration Posttest Vergleich Schülerinnen – Schüler Interventionsgruppe jahrgangsübergreifend 180
Tabelle 230: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 6 180
Tabelle 231: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 6 181
Tabelle 232: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 6 181
Tabelle 233: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 6 181
Tabelle 234: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Mädchen Klasse 6 182
Tabelle 235: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Mädchen Klasse 6 183
Tabelle 236: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 6 183
Tabelle 237: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schüler Klasse 6 183
Tabelle 238: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Jungen Klasse 6 184
Tabelle 239: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 6 184
Tabelle 240: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 10 185
Tabelle 241: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 10 185
Tabelle 242: Mann-Whitney-U-Prätest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 10 185
Tabelle 243: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen Klasse 10 186

Tabelle 244: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schülerinnen Klasse 10 187
Tabelle 245: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Schülerinnen Klasse 10 187
Tabelle 246: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schüler Klasse 10 188
Tabelle 247: Wilcoxon-Test Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit - Schüler Klasse 10 188
Tabelle 248: Wilcoxon-Test- Signifikanzen und Effektstärken Vergleich Schüler Klasse 10 189
Tabelle 249: Mann-Whitney-U-Posttest - Aufmerksamkeit, Mitarbeit, Konzentration – Schülerinnen/ Schüler Interventionsgruppe Klasse 10 189
Tabelle 250: Bedienbarkeit ARSnova - Mittelwerte Einzelitems Klasse 6 190
Tabelle 251: Auswertung Fragebogen zur System Usability 190
Tabelle 252: Bedienbarkeit von ARSnova – Mittelwerte Einzelitems Klasse 10 191
Tabelle 253: Auswertung System Usability Klasse 10 191
Tabelle 254: Mann-Whitney-U-Test - Vergleich System Usability Klasse 6 und Klasse 10 192
Tabelle 255: Auswertung System Usability Klasse 6 und 10 192
Tabelle 256: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler jahrgangsübergreifend 192
Tabelle 257: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht jahrgangsübergreifend 192
Tabelle 258: Bedienbarkeit ARSnova – Mittelwertvergleich Einzelitems Mädchen und Jungen Klasse 6 193
Tabelle 259: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler Klasse 6 193
Tabelle 260: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht Klasse 6 193
Tabelle 261: Bedienbarkeit ARSnova – Mittelwertvergleich Einzelitems Mädchen und Jungen Klasse 10 194
Tabelle 262: Auswertung System Usability Schülerinnen - Schüler Klasse 10 194
Tabelle 263: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich System Usability Score nach Geschlecht Klasse 10 194
Tabelle 264: Deskriptive Auswertung des Fragebogens zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6 195
Tabelle 265: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova 196
Tabelle 266: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova – Klasse 6 196
Tabelle 267: Deskriptive Auswertung des Fragebogens zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 10 197
Tabelle 268: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 10 198
Tabelle 269: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova – Klasse 10 198
Tabelle 270: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6 und Klasse 10 198

Tabelle 271: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Klasse 6 + 10 199
Tabelle 272: Häufigkeitsverteilung - Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova - jahrgangsübergreifend 199
Tabelle 273: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen gesamt 199
Tabelle 274: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler gesamt 199
Tabelle 275: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen Klasse 6 200
Tabelle 276: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler Klasse 6 200
abelle 277: Deskriptive Auswertung der Gesamtskala zur Meinung zum Unterricht mit ARSnova Mädchen, Jungen Klasse 6 200
Tabelle 278: Mann-Whitney-U-Test- Vergleich Meinung zum Unterricht mit ARSnova Schülerinnen/ Schüler Klasse 10 200
Tabelle 279: Mann-Whitney-U-Test - Leistungstest Prätest Klasse 6 203
Tabelle 280: Mann-Whitney-U-Test - Leistungstest Posttest Klasse 6 206
Tabelle 281: Mann-Whitney-U-Test - Follow Up Klasse 6 207
Tabelle 282: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich der mittleren Ränge 209
Tabelle 283: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 210
Tabelle 284: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 6 211
Tabelle 285: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Vergleich Schülerinnen/Schüler Interventionsgruppe Klasse 6 212
Tabelle 286: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe 213
Tabelle 287: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 6 214
Tabelle 288: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 6 215
Tabelle 289: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schülerinnen Klasse 6 216
Tabelle 290: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schülerinnen 218
Tabelle 291: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schüler Klasse 6 219
Tabelle 292: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schüler Klasse 6 220
Tabelle 293: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schüler Klasse 6 221
Tabelle 294: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 6 Vergleich Schüler 222
Tabelle 295: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Klasse 10 225

Tabelle 296: Mann-Whitney-U-Test Posttest Wissen Klasse 10 228
Tabelle 297: Mann-Whitney-U-Test – Follow-Up-Test Leistungstest Klasse 10 229
Tabelle 298: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10..... 230
Tabelle 299: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10..... 231
Tabelle 300: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Vergleich Schülerinnen/ Schüler der Interventionsgruppe Klasse 10..... 232
Tabelle 301: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Vergleich Schülerinnen/Schüler Interventionsgruppe Klasse 10..... 233
Tabelle 302: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe 234
Tabelle 303: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 10..... 235
Tabelle 304: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schülerinnen Klasse 10 236
Tabelle 305: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schülerinnen Klasse 10 237
Tabelle 306: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schülerinnen..... 239
Tabelle 307: Mann-Whitney-U-Test - Prätest Wissen Vergleich Schüler Klasse 10..... 240
Tabelle 308: Mann-Whitney-U-Test - Posttest Wissen Vergleich Schüler Klasse 10 240
Tabelle 309: Mann-Whitney-U-Test - Follow-Up-Test Schüler Klasse 10 241
Tabelle 310: Zweifaktorielle Varianzanalyse nach Friedmann - Leistungstest Klasse 10 Vergleich Schüler..... 243

Anhang

CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG

Liebe Schülerinnen und Schüler,

Die Fachgruppe Chemie arbeitet an einem Forschungsprojekt zur Verbesserung des Chemieunterrichts mit. Für diese wissenschaftliche Studie benötigen wir eure Mithilfe. Beantwortet bitte die folgenden Fragen so sorgfältig wie möglich. Im Zuge der Freiwilligkeit habt ihr das Recht auch nur einzelne Fragen zu beantworten und andere nicht. Eure Antworten werden weder benotet noch an eure Lehrerin bzw. euren Lehrer weitergegeben. Für die Auswertung der Daten benötigen wir einige allgemeine Angaben. Alle Angaben werden jedoch streng vertraulich behandelt, codiert und die Auswertung der Fragebögen erfolgt völlig anonym. Wir danken für eure Mithilfe.

Fragebogen zum Lernklima im Chemieunterricht

■ Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	**Stimmt genau**				**Stimmt nicht**
Der Chemieunterricht macht mir Spaß.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht fühle ich mich Wohl.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich verstehe den Unterrichtsstoff in Chemie.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bekomme ausreichend Zeit, um gestellte Aufgaben im Chemieunterricht zu bearbeiten.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht geht es um Formeln oder Reaktionsgleichungen.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht geht es um die Zusammensetzung oder den Aufbau von Stoffen.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Themen im Chemieunterricht sind für mich (für mein tägliches Leben) sehr nützlich.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Themen im Chemieunterricht sind für das gesellschaftliche Zusammenleben von Bedeutung.	☐	☐	☐	☐	☐
Unser Chemielehrer/-lehrerin berücksichtigt unsere Vorschläge.	☐	☐	☐	☐	☐
Wir können unserem Chemielehrer/-lehrerin zum Unterricht jederzeit Fragen stellen.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Klasse arbeitet im Chemieunterricht gut mit.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Klasse strengt sich im Chemieunterricht sehr an.	☐	☐	☐	☐	☐

Fragebogen zum Lernen im Fach Chemie

Die folgenden Fragen beziehen sich auf dein eigenes Lernen. Bitte füllt den folgenden Fragebogen so ehrlich wie möglich aus

Ich arbeite und lerne im Fach Chemie, ….	Stimmt voll	Stimmt eher	Stimmt eher nicht	Stimmt nicht
… weil es mir Spaß macht.	☐	☐	☐	☐
… weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der Berufswahl habe.	☐	☐	☐	☐
… weil ich möchte, dass mein Lehrer denkt, ich bin ein guter Schüler.	☐	☐	☐	☐
… weil ich von meinem Lehrer ein Lob bekommen möchte.	☐	☐	☐	☐
… weil ich mich gerne mit dem Fach Chemie beschäftige.	☐	☐	☐	☐
… weil ich die Sachen, die ich hier lerne, später gut gebrauchen kann.	☐	☐	☐	☐
… weil ich sonst zu Hause Ärger bekommen.	☐	☐	☐	☐
… weil ich gerne Aufgaben aus dem Fach löse.	☐	☐	☐	☐
… um später eine weitere Ausbildung machen zu können.	☐	☐	☐	☐
… weil ich möchte, dass die anderen Schüler von mir denken, dass ich ziemlich gut bin.	☐	☐	☐	☐
… weil ich sonst Ärger mit meinem Lehrer bekomme.	☐	☐	☐	☐
… weil ich gerne über Dinge des Fachs nachdenke.	☐	☐	☐	☐
… weil ich dann einen besseren Job bekommen kann.	☐	☐	☐	☐
… weil ich es genieße mich mit diesem Fach auseinanderzusetzen.	☐	☐	☐	☐
… weil ich besser als meine Mitschüler sein möchte.	☐	☐	☐	☐
… weil es meine Eltern von mir verlangen.	☐	☐	☐	☐
… weil ich es einfach lernen muss.	☐	☐	☐	☐
… weil ich nicht will, dass die anderen schlecht über mich denken.	☐	☐	☐	☐

Weitere Fragen zum Lernen im Fach:

Bewerte bitte folgende Aussagen.	Stimmt voll	Stimmt eher	Stimmt eher nicht	Stimmt nicht
Ich lerne oft gar nicht mit im Chemieunterricht.	☐	☐	☐	☐
Wenn der Lehrer es nicht bemerkt, beschäftige ich mich mit anderen Dingen.	☐	☐	☐	☐
Der Chemieunterricht ist mir egal	☐	☐	☐	☐

Fragebogen zur schulbezogenen Selbstwirksamkeit

Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	Trifft genau zu	Trifft eher zu	Trifft kaum zu	Trifft nicht zu
Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.	☐	☐	☐	☐
Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.	☐	☐	☐	☐
Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.	☐	☐	☐	☐
Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.	☐	☐	☐	☐
Wenn der Lehrer/ die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen.	☐	☐	☐	☐
Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.	☐	☐	☐	☐

Fragebogen zur Einschätzung der Aufmerksamkeit, Konzentration und Mitarbeit im Chemieunterricht

Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	**Stimmt genau**				**Stimmt nicht**
Im Chemieunterricht habe ich Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.	☐	☐	☐	☐	☐
Während des Chemieunterrichts bin ich sehr aufmerksam.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich beteilige mich bei der Auswertung von Experimenten.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich habe häufig Probleme dem Unterrichtsverlauf zu folgen.	☐	☐	☐	☐	☐
Während des Chemieunterrichts spreche ich häufig mit meinem Nachbarn über andere Dinge.	☐	☐	☐	☐	☐
Wenn meine Mitschüler etwas erklären, höre ich aufmerksam zu.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht bin ich immer gedanklich bei der Sache.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht weiß ich immer was zu tun ist.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich habe keine Probleme mich über einen längeren Zeitraum mit dem Thema zu beschäftigen.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht sage ich gerne etwas zum Thema.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich höre meinen Mitschülern und meinem Lehrer immer aufmerksam zu.	☐	☐	☐	☐	☐
Häufig fällt es mir schwer mit einer Aufgabe zu beginnen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bringe meine Gedanken und Ideen in den Unterricht ein.	☐	☐	☐	☐	☐
Im Chemieunterricht arbeite ich regelmäßig mit.	☐	☐	☐	☐	☐

Allgemeine Angaben

Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter: **……**

Letzter Buchstabe deines Nachnamens: **……**

Letzte Zensur im Fach Chemie: **……**

Geschlecht: ☐ **weiblich,** ☐ **männlich**

Geburtsmonat und Geburtsjahr: **……/20……**

Fragenbogen zum Unterricht mit ARSnova

Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	Stimmt genau				Stimmt nicht
Ich finde den normalen Unterricht ohne die Verwendung von ARSnova besser.	☐	☐	☐	☐	☐
Der Einsatz von ARSnova hat meinen Lernerfolg positiv beeinflusst.	☐	☐	☐	☐	☐
Das Beantworten der Fragen in ARSnova hat mir geholfen im Unterricht aufmerksamer zu sein.	☐	☐	☐	☐	☐
Durch die Benutzung des Smartphones habe ich intensiver im Unterricht mitgearbeitet.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Lehrer sollten auch in anderen Fächern das Programm ARSnova verwenden.	☐	☐	☐	☐	☐
Das Beantworten von Fragen in ARSnova hat mir Spaß gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
Durch ARSnova habe ich mehr über das Thema nachgedacht als sonst.	☐	☐	☐	☐	☐
Das Benutzen des Smartphones hat mich motiviert sich im Unterricht zu beteiligen.	☐	☐	☐	☐	☐
Beim Beantworten der Fragen in ARSnova konnte ich endlich zeigen, was ich wirklich kann.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin froh, wenn wir wieder Chemieunterricht ohne ARSnova haben.	☐	☐	☐	☐	☐
Durch das Einbinden von Fragen über ARSnova finde ich den Unterricht abwechslungsreicher.	☐	☐	☐	☐	☐

Fragebogen zur Bedienbarkeit von ARSnova

■ Bewerte bitte die folgenden Aussagen.	**Stimmt genau**				**Stimmt nicht**
Ich denke, dass ich ARSnova gerne häufig im Unterricht benutzen würde.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova unnötig komplex.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova einfach zu benutzen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, ich würde die Hilfe meines Lehrers oder eines Erwachsenen benötigen, um ARSnova benutzen zu können.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand die verschiedenen Funktionen von ARSnova waren gut in das Programm integriert.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich denke, ARSnova enthielt zu viele Unstimmigkeiten.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Schüler den Umgang mit ARSnova sehr schnell erlernen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand ARSnova sehr umständlich zu nutzen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fühlte mich bei der Benutzung von ARSnova sehr sicher.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte ARSnova zu verwenden.	☐	☐	☐	☐	☐

Weitere Anmerkungen:

Am Unterricht mit dem Programm ARSnova hat mir besonders gut gefallen:

_____

_____

_____

Am Unterricht mit dem Programm ARSnova hat mir nicht gefallen:

_____

_____

_____

CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG

Liebe Schülerinnen und Schüler,

mit der folgenden Befragung wollen wir eure Kenntnisse über ein Teilgebiet der Chemie der 6. Klasse erfassen. Die Ergebnisse der Befragung sind nicht notenrelevant, sondern werden anonym zu Forschungszwecken verwendet. Beantwortet bitte alle Fragen so sorgfältig wie möglich. Wir danken für eure Mithilfe.

Aufgabe 1

Um Eigenschaften von Stoffen besser erklären zu können, verwendet man Modelle. Ein Modell geht immer von vereinfachten Annahmen aus, mit denen sich dann komplizierte Sachverhalte anschaulich darstellen lassen. Ein besonders einfaches Modell ist das Teilchenmodell.

Ergänze folgenden Lückentext zum Teilchenmodell: Nutze dabei folgende Begriffe:

Größe Farbe Masse Form Abstoßungskräfte Teilchen

ständig manchmal Anziehungskräfte Kugeln Stoffen

Achtung: Einige Begriffe bleiben übrig.

Alle Stoffe bestehen aus kleinsten_____. Diese kann man sich als

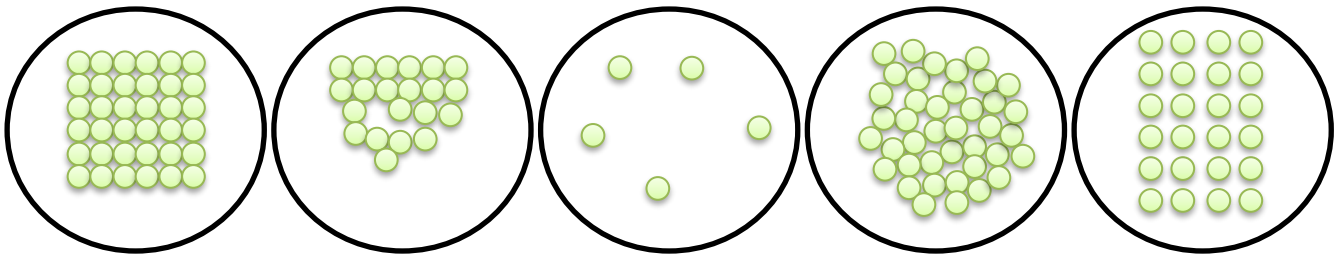
kleine_____vorstellen. Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden

sich in _____und _____. Sie sind _____

in Bewegung. Zwischen ihnen gibt es _____ .

Aufgabe 2

Ordne dem Aggregatzustand den Buchstaben einer passenden Abbildung zu.

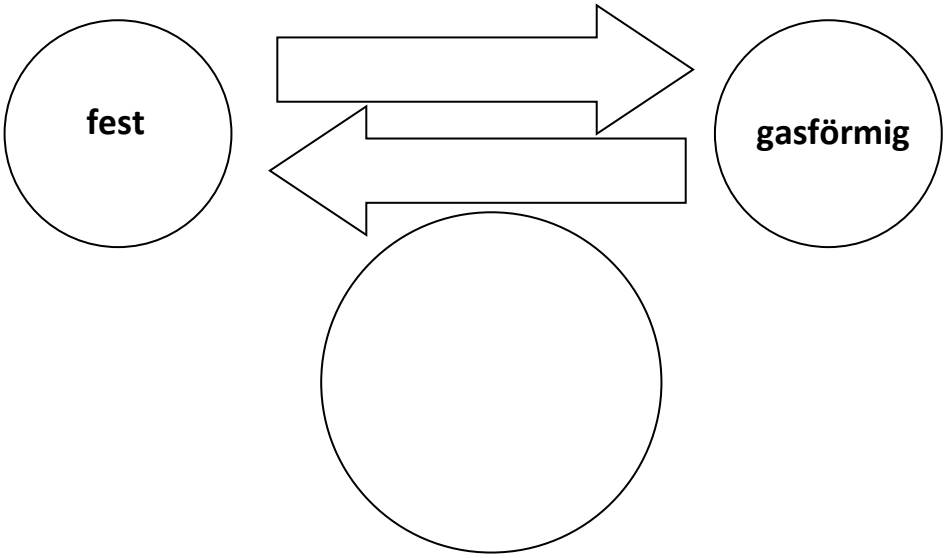


A **B** **C** **D** **E**

Fest:..... , flüssig:....., gasförmig:.....

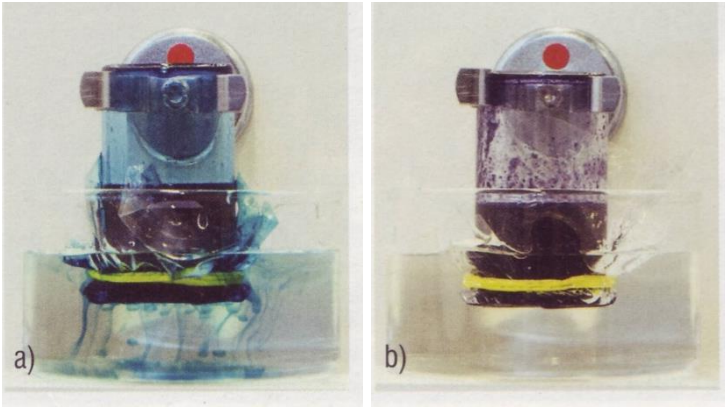
Aufgabe 3

a) Trage die Fachbegriffe für die Aggregatzustandsänderungen von fest zu gasförmig in die Pfeile der unteren Grafik ein.
b) Stelle die Aggregatzustandsänderung von fest zu gasförmig im Teilchenmodell dar. Nutze dazu den leeren Kreis der Grafik.



Aufgabe 4

In den beiden rechten Bildern siehst du zwei Bechergläser, die mit Farbstofflösungen gefüllt sind. Das linke Becherglas enthält eine blaue Farbstofflösung, das rechte eine violette Farbstofflösung. Beide Gläser werden mit einer Folie fest verschlossen und kopfüber in ein Gefäß mit Wasser gehalten. Die rechten Bilder zeigen das Experiment nach einigen Minuten.



a) Notiere die beiden wesentlichen Beobachtungen zum Experiment.

_____

_____

_____

_____

b) Erkläre, wie die blaue Farbstofflösung durch die Folie gelangt.

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 5

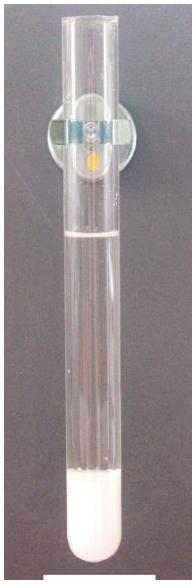


Bild 1

Bild 2

In **Bild 1** siehst du ein Reagenzglas gefüllt mit Wasser in das eine große Menge des Salzes Kaliumnitrat gegeben wurde. Das Reagenzglas wird anschließend mit dem Bunsenbrenner auf ca. 50 °C erwärmt. Das **Bild 2** zeigt das Reagenzglas nach dem Erwärmen.

Kreuze die richtigen Aussagen an.

a) Die Aussagen beziehen sich auf Bild 1.

- ○ Das Kaliumnitrat löst sich gar nicht im Wasser.
- ○ Es liegt eine gesättigte Lösung vor.
- ○ Es liegt eine übersättigte Lösung vor.
- ○ Das Kaliumnitrat hat sich teilweise im Wasser gelöst.

b) Die Aussagen beziehen sich auf Bild 2.

- ○ Im Reagenzglas befindet sich weniger Kaliumnitrat als vor dem Erwärmen.
- ○ Das Kaliumnitrat hat sich komplett in Wasser gelöst.
- ○ Das Kaliumnitrat ist verdampft.
- ○ Das Wasser hat sich komplett im Kaliumnitrat gelöst.

c) Die Aussagen beziehen sich auf beide Bilder.

- ○ Vor dem Erwärmen befinden sich im Reagenzglas weniger Kaliumnitrat-Teilchen als nach dem Erwärmen.
- ○ Vor dem Erwärmen befinden sich zwischen den Wasser-Teilchen Kaliumnitrat-Teilchen.
- ○ Die Kaliumnitrat-Teilchen im Bodensatz können schwingen.
- ○ Die Kaliumnitrat-Teilchen werden beim Erwärmen kleiner und vermischen sich mit den Wasserteilchen.

Aufgabe 6

Etwas Benzin und Wasser werden in ein Reagenzglas gegeben (**Bild 1**). Anschließend wird etwas Iod dazugegeben und kurz geschüttelt. Das **Bild 2** zeigt das Reagenzglas nach einigen Minuten.

Bild 1

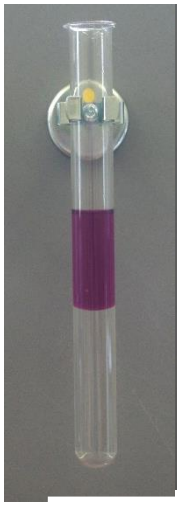


Bild 2

a) Beschreibe die beiden Bilder.

b) Erkläre den Vorgang. Nutze dabei die folgenden Fachbegriffe:
lipophil, Lösungsmittel, Löslichkeit, hydrophil

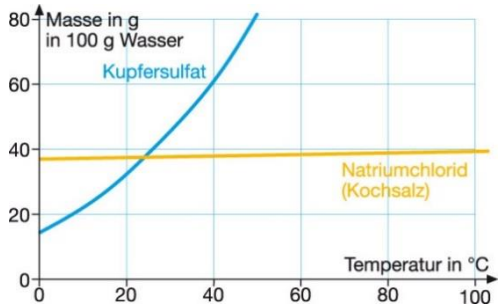
c) Stelle die beiden Bilder (Bild 1: Benzin und Wasser, Bild 2: Benzin, Wasser und Iod) auf Teilchenebene dar.

Bild 1: Benzin und Wasser

Bild 2: Benzin, Wasser, Iod

Aufgabe 7

Die rechte Grafik zeigt die Löslichkeit von Kupfersulfat und Kochsalz in Abhängigkeit von der Temperatur.



Kreuze die richtige Aussage an.

a)
- ○ Kochsalz löst sich nicht in Wasser
- ○ Bei 20 °C lösen sich ca. 38 g Kochsalz in 100 g Wasser.
- ○ Kochsalz löst sich beim Erwärmen viel besser.
- ○ Die Löslichkeit von Kochsalz beim Erwärmen ändert sich nicht.

b)
- ○ Kupfersulfat löst sich beim Erwärmen schlechter in Wasser.
- ○ Bei 20 °C lösen sich ca. 40 g Kupfersulfat.
- ○ Die Löslichkeit von Kupfersulfat in Wasser nimmt mit steigender Temperatur stark zu.
- ○ Die Menge an Kupfersulfat, die sich in 100 g Wasser löst, ist immer größer als 20 g.

c)
- ○ Kupfersulfat löst sich bei 15 °C besser in Wasser als Kochsalz.
- ○ Es gibt keine Temperatur, bei der sich Kochsalz und Kupfersulfat gleich gut in Wasser lösen.
- ○ Kupfersulfat löst sich bei 60°C besser in Wasser als Kochsalz.
- ○ Kochsalz löst sich immer schlechter als Kupfersulfat.

Aufgabe 8

Erkläre, warum Fische in einem Aquarium, das in der Sonne steht, ersticken können.

_____

_____

_____

_____

_____

Allgemeine Angaben

Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter: ……

Letzter Buchstabe deines Nachnamens: ……

Letzte Zensur im Fach Chemie: ……

Geschlecht: ☐ **weiblich,** ☐ **männlich**

Geburtsmonat und Geburtsjahr: ……**/20**……

CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG

Liebe Schülerinnen und Schüler,

mit der folgenden Befragung wollen wir eure Kenntnisse über ein Teilgebiet der Chemie der 10. Klasse erfassen. Die Ergebnisse der Befragung sind nicht notenrelevant, sondern werden anonym zu Forschungszwecken verwendet. Beantwortet bitte alle Fragen so sorgfältig wie möglich. Wir danken für eure Mithilfe.

Aufgabe 1

Kochsalz ist im festen Zustand aus einem Ionengitter aufgebaut, das Na^+-Ionen und Cl^--Ionen enthält. Durch die unterschiedliche Ladung der Ionen herrscht eine starke Anziehungskraft und das Ionengitter ist sehr stabil. Neben den Salzen gibt es aber eine Vielzahl von anderen Stoffen, die nicht aus Ionen aufgebaut sind. Durch Verknüpfung von Atomen entstehen stabile Verbindungen. Diese Art der Bindung liegt beispielsweise in vielen Nichtmetallverbindungen, wie z.B. Chlorwasserstoff HCl vor.

Ergänze folgenden Lückentext. Nutze dabei folgende Begriffe:

Protonenpaare Molekülen Elektronenpaare Atomkernen Atomhülle Elektronen Atomen Metallen Edelgaskonfiguration Oktettregel Elektronenpaarbindung Protonen Elektronenwolke Elektrobindung

Achtung: Einige Begriffe bleiben übrig.

In _____ sind Atome über gemeinsame _____

miteinander verbunden. Die beiden _____ halten sich dabei in einer

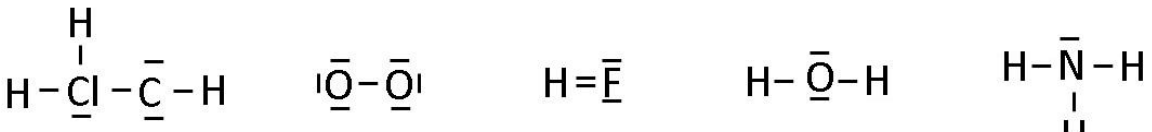
gemeinsamen _____ zwischen den beiden _____ auf.

Sie gehören zu beiden Atomen, die dadurch eine _____ erhalten. Man

bezeichnet diese Art der chemischen Bindung als _____ .

Aufgabe 2

Kreuze die korrekt gezeichneten Lewis-Formeln an.



○ ○ ○ ○ ○

Aufgabe 3

a) Zeichne die Strukturformeln der folgenden Verbindungen:
Methan: CH_4, Blausäure: HCN, Chlor: Cl_2 und Formaldehyd: CH_2O

Methan:	**Blausäure:**	**Chlor:**	**Formaldehyd:**

b) Erkläre anhand der Strukturformel von Chlor die Oktettregel.

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 4

Mit Hilfe der Strukturformeln lässt sich nur eingeschränkt die räumliche Struktur der Moleküle darstellen. Um die Eigenschaften von Stoffen vorhersagen zu können, spielt die räumliche Struktur der Teilchen jedoch eine entscheidende Rolle. Ein einfaches Modell mit dessen Hilfe sich aus den Strukturformeln die räumliche Struktur ableiten lässt, ist das **Elektronenpaarabstoßungsmodell**, kurz EPA-Modell.

a) Kreuze die zutreffenden Aussagen zum EPA-Modell an.

- ○ Die Außenelektronen halten sich paarweise in getrennten Elektronenwolken auf.
- ○ Das bindende Elektronenpaar nimmt sehr viel Platz ein.
- ○ Die Elektronenwolken sind negativ geladen und stoßen sich ab.
- ○ Die Elektronenwolken sind geladen und ordnen sich pyramidenförmig an.
- ○ Die Elektronenwolken ordnen sich immer im möglichst großen Abstand zueinander an.

b) Kreuze an welche der folgenden Aussagen auf die räumliche Struktur des Methan-Moleküls zutreffen.

- ○ Der C-H-Bindungswinkel beträgt 107°.
- ○ Der C-H-Bindungswinkel beträgt 109,5°
- ○ Die vier Elektronenpaare richten sich in Form eines Tetraeders aus.
- ○ Die vier Elektronenpaare sind trigonal angeordnet.

Aufgabe 5

Die Elektronegativität ist ein Maß für die Fähigkeit eines Atoms das gemeinsame Elektronenpaar in einer Bindung anzuziehen. Diese Größe wurde 1932 vom amerikanischen Chemiker Linus Pauling eingeführt. Je stärker die Anziehung ist, desto größer ist der Elektronegativitätswert. In der rechten Grafik siehst du einen Ausschnitt des Periodensystems nach Pauling. Die Elektronegativitätswerte sind über den Elementsymbolen angegeben.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1.	2,2 $_{1}$H							– $_{2}$He
2.	1,0 $_{3}$Li	1,5 $_{4}$Be	2,0 $_{5}$B	2,5 $_{6}$C	3,0 $_{7}$N	3,4 $_{8}$O	4,0 $_{9}$F	– $_{10}$Ne
3.	0,9 $_{11}$Na	1,3 $_{12}$Mg	1,6 $_{13}$Al	1,9 $_{14}$Si	2,2 $_{15}$P	2,6 $_{16}$S	3,2 $_{17}$Cl	– $_{18}$Ar
4.	0,8 $_{19}$K	1,0 $_{20}$Ca	1,8 $_{31}$Ga	2,0 $_{32}$Ge	2,2 $_{33}$As	2,6 $_{34}$Se	3,0 $_{35}$Br	– $_{36}$Kr
5.	0,8 $_{37}$Rb	1,0 $_{38}$Sr	1,8 $_{49}$In	1,8 $_{50}$Sn	2,1 $_{51}$Sb	2,1 $_{52}$Te	2,7 $_{53}$I	2,6 $_{54}$Xe
6.	0,8 $_{55}$Cs	0,9 $_{56}$Ba	2,0 $_{81}$Tl	1,9 $_{82}$Pb	2,0 $_{83}$Bi	2,0 $_{84}$Po*	2,2 $_{85}$At*	– $_{86}$Rn*

a) Beschreibe die Entwicklung der Elektronegativitätswerte in der 2. und 3. Periode.

_____

_____

_____

_____

b) Erkläre die Entwicklung mit dem Aufbau der Atome.

_____

_____

_____

_____

_____

c) Für Bindungen zwischen zwei Atomen kann anhand der Elektronegativitätsdifferenz der beteiligten Atome entschieden werden, ob es sich um eine polare Bindung handelt. Berechne für die folgenden Bindungen die Elektronegativitätsdifferenz und entscheide, ob eine polare Bindung vorliegt. Kennzeichne auch entsprechende Teilladungen.

N – H _____

C – H _____

C – Br _____

Aufgabe 6

Eine Bürette wird mit destilliertem Wasser gefüllt. Reibt man einen Kunststoffstab mit einem Wolltuch und hält ihn in die Nähe des feinen Wasserstrahls, der aus der geöffneten Bürette strömt, so ergibt sich die im unteren Bild dargestellte Situation.

a) Beschreibe das obere Bild.

b) Erkläre den Vorgang. Nutze dabei die folgenden Fachbegriffe:
Dipol, polare Elektronenpaarbindung, Teilladung, elektrostatische Aufladung, Elektronegativität

c) Stelle den Vorgang auf atomarer Ebene durch eine Zeichnung dar.

d) Das Lösemittel Tetrachlormethan besitzt die Summenformel CCl_4. Füllt man es anstelle von Wasser in die Bürette, so wird ein dünner Strahl aus der Bürette nicht durch einen Kunststoffstab abgelenkt. Erkläre diese Beobachtung anhand des Aufbaus des CCl_4-Moleküls.

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 7

Kreuze die richtigen Aussagen an.

a) Die Aussagen beziehen sich auf die Van-der-Waals-Kraft.
   - ○ Die Van-der-Waals-Kraft wirkt zwischen allen Molekülen.
   - ○ Die Van-der-Waals-Kraft ist eine sehr starke Kraft zwischen Molekülen.
   - ○ Die Van-der-Waals-Kraft entsteht durch temporäre Dipole.
   - ○ Die Van-der-Waals-Kraft entsteht durch permanente Dipole.

b) Die Aussagen beziehen sich auf die Wasserstoffbrückenbindung.
   - ○ Wasserstoffbrückenbindungen können sich zwischen allen Molekülen, die positiv teilgeladene Wasserstoffatome enthalten, ausbilden.
   - ○ Wasserstoffbrückenbindungen bilden sich zwischen den positiv teilgeladenen Wasserstoffatomen und den negativ-teilgeladenen Sauerstoff-Atomen anderer Moleküle.
   - ○ Wasserstoffbrückenbindungen bilden sich zwischen allen Dipol-Molekülen, die positiv teilgeladene Wasserstoff-Atome enthalten.
   - ○ Wasserstoffbrückenbindungen sind starke zwischenmolekulare Kräfte.

Aufgabe 8

In der unteren Tabelle siehst du die Siedetemperaturen der Halogene und der Halogenwasserstoffe.

Halogen	Siedetemperatur	Halogenwasserstoff	Siedetemperatur
Fluor	-188 °C	Fluorwasserstoff (HF)	19,5 °C
Chlor	-35 °C	Chlorwasserstoff (HCl)	-85 °C
Brom	56 °C	Bromwasserstoff (HBr)	-66 °C
Iod	183 °C	Iodwasserstoff (HI)	-35,4 °C

Kreuze die richtigen Aussagen an.

a)

- ○ Je kleiner die Halogenmoleküle, desto stärker sind die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen.
- ○ Zwischen den unpolaren Halogen-Molekülen wirken keine Anziehungskräfte.
- ○ Zwischen den unpolaren Halogen-Molekülen wirken Van-der-Waals-Kräfte.
- ○ Je größer die Halogenmoleküle, desto stärker sind die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen.

b)

- ○ Zwischen den stark polaren Chlorwasserstoff-Molekülen entstehen Wasserstoffbrückenbindungen.
- ○ Zwischen den stark polaren Halogenwasserstoffmolekülen wirken keine Van-der-Waals-Kräfte.
- ○ Zwischen den stark polaren Fluorwasserstoffmolekülen bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen aus.
- ○ Zwischen allen Halogenwasserstoff-Molekülen entstehen Wasserstoffbrückenbindungen.

c)

- ○ Zwischen den Halogenwasserstoff-Molekülen wirken immer stärkere Anziehungskräfte als zwischen den Halogen-Molekülen.
- ○ Die Anziehungskräfte zwischen den Chlorwasserstoff-Molekülen sind größer als die zwischen den Chlor-Molekülen.
- ○ Zwischen Fluorwasserstoff-Molekülen und Fluor-Molekülen können sich Van-der-Waals-Kräfte ausbilden.
- ○ Zwischen Fluorwasserstoff-Molekülen und Fluor-Molekülen bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen aus.

Allgemeine Angaben

Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter: **……**

Letzter Buchstabe deines Nachnamens: **……**

Letzte Zensur im Fach Chemie: **……**

Geschlecht: ☐ **weiblich,** ☐ **männlich**

Geburtsmonat und Geburtsjahr: **……/20……**

Erklärung

Hiermit versichere ich, Pascal Schindler, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien guter wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Ich versichere, dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Vermittlungstätigkeiten oder für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Dissertation stehen.

Ich versichere, dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und dass die Dissertation weder in ihrer Gesamtheit noch in Teilen einer anderen Hochschule zur Begutachtung in einem Promotionsvorhaben vorliegt oder vorgelegen hat.

Ich versichere an Eides statt, dass ich die vorgenannten Angaben nach bestem Wissen und Gewissen gemacht habe und dass die Angaben der Wahrheit entsprechen und ich nichts verschwiegen habe.

Rethen, den 02.05.2020

Pascal Schindler