

Technisches Wissen – Kategorienbildung für die allgemeine technische Bildung  
Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl von Ossietzky  
Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines

Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

angenommene Dissertation

von Herrn Tobias Wiemer

geborgen am 25.02.1985 in Münster Westf.

Gutachter: Prof. Dr. Peter Röben

Weiterer Gutachter: Prof. Dr. Bernd Hassler

Tag der Disputation: 04.04.2018

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Oldenburg, 17.11.2017

Tobias Wiemer

---

## Zusammenfassung

Die Frage nach dem Wesen des Wissens über Technik wird seit einigen Jahren zur Abgrenzung und Ausschärfung der Inhalte im Bereich der Technikwissenschaften diskutiert. Ausgehend von dieser Diskussion wird ein Kategorienmodell technischen Wissens für den Bereich der allgemeinen technischen Bildung entwickelt. Dazu werden in einem theoretischen Teil grundlegende Begriffe definiert und bereits bestehende Kategorienmodelle technischen Wissens untersucht. In einem anschließenden empirischen Teil wird auf der Grundlage von vier Untersuchungen an allgemeinbildenden Schulen in der Sekundarstufe I ein Kategorienmodell technischen Wissens entwickelt und Zusammenhänge zwischen diesen Kategorien untersucht. Dabei werden sechs Kategorien technischen Wissens mittels inhaltsanalytischer Methoden isoliert. Dazu zählen drei Facetten des funktionalen Wissens (Funktionswissen, begründetes Funktionswissen, pragmatisches Funktionswissen), das technische Aufbauwissen, das metatechnische Wissen und die technisch-kreative Fähigkeit, wobei letztere im Bereich des Umgangs mit dem Wissen verortet wird. Mit Ausnahme des metatechnischen Wissens zeigen sich positive Korrelationen zwischen allen empirisch ermittelten Kategorien. Die Kategorien bieten damit einen ersten Ansatz für die Systematisierung technischer Bildungsinhalte anhand der Wissensstruktur im Bereich der allgemeinen technischen Bildung.

## Abstract

The question of the nature of knowledge about technology has been discussed for some years to circumscribe and sharpen the content in the field of technical sciences. Based on this discussion, this dissertation develops a category-based model of technical knowledge for the field of technical education. For this purpose, first the basic concepts are defined in a theoretical part, subsequently the existing categories of technical knowledge are examined. In a following empirical part, a category model of technical knowledge is developed based on four studies at public schools. The studies were performed in the lower secondary grade. This includes in Germany all pupils from fifth up to tenth grade. Also links between these categories are examined. Six categories of technical knowledge are isolated by means of content-analytical methods. These categories include three facets of functional knowledge (functional knowledge, justified functional knowledge, pragmatic functional knowledge), the technical structure knowledge, the meta-technical knowledge and the technical-creative ability, the latter is located in the area of dealing with knowledge. Except for meta-technical knowledge, there are positive correlations between all empirically determined categories. The categories thus provide a first approach for the systematization of technical education content based on the knowledge content in the field of general technical education.

# Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	4
ABSTRACT	5
INHALT	6
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	9
TABELLENVERZEICHNIS	10
1 EINLEITUNG	11
<b>1.1 Begründung der Fragestellung</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Aufbau der Arbeit und Vorgehensweise</b>	<b>15</b>
2 GRUNDLAGEN	18
<b>2.1 Der Wissensbegriff</b>	<b>18</b>
2.1.1 Wissen aus erkenntnistheoretischer Perspektive	19
2.1.2 Wissen in der Soziologie	23
2.1.3 Psychologie des Wissens und Könnens	27
2.1.4 Wissen in der Didaktik	30
2.1.5 Definitionen von Wissen und Wissen über Technik	36
<b>2.2 Der Technikbegriff</b>	<b>39</b>
2.2.1 Was ist Technik?	39
2.2.2 Exkurs zur Systemtheorie der Technik	43
2.2.3 Exkurs zur Normalkonfiguration	49
<b>2.3 Technische Bildung</b>	<b>51</b>
2.3.1 Bedeutungsspektren technische Bildung	51
2.3.2 Ziele allgemeiner technischer Bildung	52
2.3.3 Inhaltsbereiche allgemeiner technischer Bildung	55
2.3.4 Technikdidaktik und abschließende Diskussion	58
3 TECHNISCHES WISSEN IN DER TECHNIKPHILOSOPHIE	62
<b>3.1 Handlungsanleitung und Wahrheit</b>	<b>62</b>
3.1.1 Technisches Wissen als handlungsanleitendes Wissen	62
3.1.2 Technisches Wissen und Wahrheit	67

<b>3.2</b>	<b>Kategorien technischen Wissens</b>	<b>70</b>
3.2.1	Technisches Wissen in der Systemtheorie der Technik	70
3.2.2	Strukturen technologischen Wissens	73
3.2.3	Die Wissensarten des handlungsanleitenden Wissens	74
3.2.4	Das Wissen der Ingenieure	76
3.2.5	Kategorien technischen Wissens in der Technikdidaktik	78
3.2.6	Grenzen und Bewertung der Kategoriensysteme	80
<b>3.3</b>	<b>Technisches und naturwissenschaftliches Wissen</b>	<b>83</b>
4	IMPLIZITES TECHNISCHES WISSEN UND EXPERTISE	87
5	TECHNISCHES WISSEN UND DIE ERFORSCHUNG TECHNISCHER BEGABUNG UND INTELLIGENZ	94
<b>5.1</b>	<b>Technische Begabung</b>	<b>94</b>
5.1.1	Begabung allgemein	95
5.1.2	Modelle der technischen Begabung	97
<b>5.2</b>	<b>Technische Intelligenz</b>	<b>103</b>
5.2.1	Intelligenz allgemein	103
5.2.2	Technik in der allgemeinen Intelligenzforschung	105
5.2.3	Testverfahren zur mechanisch-technischen Intelligenz	108
<b>5.3</b>	<b>Diskussion der Zusammenhänge</b>	<b>112</b>
<b>5.4</b>	<b>Hinweise für das Erfassen technischen Wissens</b>	<b>117</b>
6	FORSCHUNGSDESIGN DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNGEN	119
<b>6.1</b>	<b>Fragestellungen zur Kategorienentwicklung technischen Wissens</b>	<b>119</b>
<b>6.2</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>122</b>
6.2.1	Datengenerierung durch Leistungsmessung	127
6.2.2	Auswertung durch qualitative Inhaltsanalyse	132
6.2.3	Auswertung mittels Rangkorrelation	138
<b>6.3</b>	<b>Gütekriterien der empirischen Forschung</b>	<b>140</b>
<b>6.4</b>	<b>Computergestützte Auswertung mit QCMap</b>	<b>144</b>
7	ERGEBNISSE DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNGEN	145
<b>7.1</b>	<b>Empirische Kategorienbildung für das technische Wissen</b>	<b>145</b>
7.1.1	Ergebnis der Kategorienbildung und Güte	148
7.1.2	Analyse und Bewertung	149
7.1.3	Diskussion für die weiteren Untersuchungen	156

<b>7.2</b>	<b>Zusammenhänge zwischen Aufbau- und Funktionswissen</b>	<b>161</b>
7.2.1	Deduktive Kategorienerstellung	163
7.2.2	Ergebnisse der zweiten Untersuchung	167
<b>7.3</b>	<b>Zusammenhänge zwischen Aufbau-, Funktions- und Metatechnischem Wissen</b>	<b>170</b>
7.3.1	Änderungen zur vorherigen Untersuchung	170
7.3.2	Ergebnisse der Untersuchung	171
<b>7.4</b>	<b>Unterschiede zwischen den ersten beiden Analysen über die Zusammenhänge der Wissenskategorien</b>	<b>174</b>
7.4.1	Änderung zu den vorherigen Untersuchungen	174
7.4.2	Ergebnisse der Untersuchung	175
<b>7.5</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion der empirischen Ergebnisse</b>	<b>178</b>
<b>8</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>183</b>
<b>8.1</b>	<b>Rückblick auf Ziel, Fragestellung und Vorgehensweise</b>	<b>183</b>
<b>8.2</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>185</b>
<b>8.3</b>	<b>Schlussfolgerungen für die technische Bildung</b>	<b>189</b>
8.3.1	Starkes und schwaches technisches Wissen	189
8.3.2	Das Exemplarische der technischen Bildung und das technische Wissen	192
8.3.3	Technisches Wissen und Begründungszusammenhänge von Wissen in der Didaktik	194
<b>8.4</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>196</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>200</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG</b>	<b>215</b>
<b>10.1</b>	<b>Fragebogen Untersuchung 1</b>	<b>215</b>
<b>10.2</b>	<b>Fragebogen Untersuchung 2</b>	<b>221</b>
<b>10.3</b>	<b>Fragebogen Untersuchung 3</b>	<b>227</b>
<b>10.4</b>	<b>Fragebogen Untersuchung 4</b>	<b>233</b>
<b>10.5</b>	<b>Streudiagramme (Untersuchung 2-4)</b>	<b>239</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Systemtheoretische Konzepte nach Ropohl (vgl. 2009, S. 76)	46
Abb. 2:	Soziotechnische Arbeitsteilung nach Ropohl (vgl. 2009, S.142)	49
Abb. 3:	Wechselwirkungen bei der Wissensgenese von technologischem und wissenschaftlichem Wissen nach Vincenti (vgl. 1997, S. 226)	86
Abb. 4:	Technisches Wissen in Anlehnung an Vincenti (vgl. Vincenti 1997, S.198)	92
Abb. 5:	Das Münchener Begabungsprozessmodell (vgl. Heller 2007, S. 238)	97
Abb. 6:	Indikatoren technischer Begabung nach Lochner (1988, S.20)	100
Abb. 7:	Hierarchisches Intelligenzmodell nach Vernon (nach Rost 2013, S. 65)	106
Abb. 8:	Stratum 2 und 3 des Intelligenzmodells von Carroll nach Rost (vgl. S. 83ff.)	107
Abb. 9:	Aufgabe aus dem MTP (Conrad et al. 1980, S.9)	113
Abb. 10:	Unterschiedliche technische Darstellungen	115
Abb. 11:	Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell nach Mayring (vgl. 2010, S. 60)	133
Abb. 12:	Prozessmodell induktiver Kategorienbildung nach Mayring (vgl. 2010, S. 84)	135
Abb. 13:	Prozessmodell der skalierenden Strukturierung nach Mayring (vgl. 2010, S. 102)	138
Abb. 14:	Inhaltsanalytische Gütekriterien nach Krippendorf (vgl. 1980, S. 158)	141

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bildungsziele des Technikunterrichts nach Schmayl (2010, S. 153)	54
Tabelle 2:	Hauptkonzepte technischer Bildung nach Rossouv, Hacker und de Vries (2011).	56
Tabelle 3:	Kontextbereich technischer Bildung nach Rossouv, Hacker und de Vries (2011).	56
Tabelle 4:	Inhalte technischer Bildung in den ITEA-Standards (Höpken et al. 2003b)	57
Tabelle 5:	VDI Bildungsstandards Technik (vgl. 2007).	58
Tabelle 6:	Strukturen technikwissenschaftlichen Wissens nach Kornwachs (2012, S. 50 f.)	73
Tabelle 7:	Intelligenzfaktoren nach Thrustone (Übersetzung nach Rost 2013, S. 50ff.)	105
Tabelle 8:	Übliche Tests im Bereich mechanisch-technisches Verständnis	110
Tabelle 9:	Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse	149
Tabelle 10:	Kategoriensystem des technischen Wissens für die zweite Untersuchung	166
Tabelle 11:	Ergebnisse der zweiten Untersuchung	168
Tabelle 12:	Zusammenhänge in der zweiten Untersuchung	168
Tabelle 13:	Kategoriensystem des technischen Wissens für die dritte Untersuchung	171
Tabelle 14:	Ergebnisse der dritten Untersuchung	172
Tabelle 15:	Zusammenhänge in der dritten Untersuchung	173
Tabelle 16:	Kategoriensystem des technischen Wissens für die dritte Untersuchung	175
Tabelle 17:	Ergebnisse der dritten Untersuchung	176
Tabelle 18:	Zusammenhänge in der dritten Untersuchung	176
Tabelle 19:	Kategorien technischen Wissens aus der empirischen Untersuchung	179

„Bildung lässt sich inhaltlich nach drei Gesichtspunkten charakterisieren: als Wissen über die Welt, Wissen über das Wissen und Wissen über sich selbst.“

(Hofer 2012, S. 561)

## 1 Einleitung

Wissen über Technik hat jeder Mensch, denn Technik umgibt jeden Menschen. Alltägliche Verrichtungen wie das Einschalten des Lichts, das Öffnen einer Tür oder das Telefonieren stellen Handlungen dar, welche ein Wissen über diese technischen Objekte und ihre Funktionen voraussetzt. Die tägliche Interaktion mit der Welt ist von der Fahrt zur Arbeit über die tägliche Nutzung des Smartphones bis zum Fernsehen am Abend von dem Wissen über die Bedienung oder Benutzung technischer Objekte bestimmt. Technik ist, wie Winfried Schmayl schreibt: „*Conditio humana*, ein notwendiges Gattungsmerkmal. Es gibt keinen Menschen ohne Technik.“ (Schmayl 2010, S.10). Das bedeutet auch, dass es keinen Menschen ohne Wissen über Technik gibt. Was dieses Wissen im Kontext der allgemeinen technischen Bildung ausmacht, wird in dieser Arbeit untersucht.

### 1.1 Begründung der Fragestellung

Trotz der Allgegenwärtigkeit der Technik nimmt die Anzahl der aktiven Technikgestalter, ablesbar an den Studienanfängern im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich, nicht in dem Maße zu, wie sie von der deutschen Wirtschaft benötigt werden (vgl. Lackmann 2015, S. 29). Dies bestätigt der Ingenieurmonitor 2017/II des VDI (Verein Deutscher Ingenieure), in dem auf einen großen Ingenieurmangel und die Notwendigkeit der Ausbildung von Fachkräften in diesem Bereich hingewiesen wird (vgl. VDI 2017). Eine Beschäftigung mit technischen Inhalten in allgemeinbildenden Schulen, welche aus der Notwendigkeit des Lebens in einer technischen Welt mit einer technikgeprägten Wirtschaft heraus nachvollziehbar erscheint, findet in Deutschland nicht systematisch statt. Während es in anderen Industrienationen in unterschiedlichen Bildungsstufen vom Grundschulbereich angefangen ein Fach Technology gibt oder Fächer, in denen Technik integriert ist (vgl. Zinn 2014, S. 25), gibt es in Deutschland je nach Bundesland sehr unterschiedliche Fächer, in denen Technik einzeln oder im Fächerverbund unterrichtet wird (vgl. Mammes et al. 2016, S. 15).

---

Diese Bildungsangebote reichen allerdings meistens nicht in die Grundschule oder über die Sekundarstufe eins hinaus. An den Schulen in Niedersachsen gibt es das Fach Technik beispielsweise nur in der Sekundarstufe I als Wahlpflichtfach an Haupt- und Oberschulen sowie als integriertes Fach Arbeit-Wirtschaft-Technik an Gesamtschulen (vgl. Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur und Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 19f.). Dass technische Bildung ein eher untergeordneter Bereich des Bildungssystems ist, zeigt auch die Studie „Technische Bildung für alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik“ (vgl. Buhr und Hartmann 2008). In dieser wird verdeutlicht, dass technische Bildung eine Voraussetzung ist, um technische Innovationen zu ermöglichen. In Bezug auf die eingangs umrissene technische Welt wird in der Studie zudem darauf hingewiesen, dass technische Bildung auch abseits wirtschaftlicher Überlegungen aus soziokultureller Sicht ein eigenständiges Bildungsgut darstellt. Denn technische Erfindungen können einen großen Einfluss auf die gesellschaftliche Entwicklung haben, was es notwendig macht, sich mit Technik zu beschäftigen (vgl. Buhr und Hartmann 2008, S.8). Außerschulisch gibt es viele Initiativen wie beispielsweise Lernlabore, in denen technische Inhalte vermittelt werden. Diese arbeiten mit vielfältigen Konzepten und Angeboten (vgl. Wensierski und Sigener 2015, S. 60). Gleichzeitig sind die unterschiedlichen Bildungsangebote im Bereich Technik, welcher oft auch in einem Atemzug mit Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften im Kunstwort MINT zusammengefasst ist, selten auf ihren Nutzen hin evaluiert, sodass aus den „Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland“ hervorgeht: „Um Bildungsangebote effektiv und effizient zu gestalten, ist eine professionelle Begleit- und Evaluationsforschung unerlässlich. Allzu oft werden neue Bildungsinitiativen ins Leben gerufen, ohne dass gleichzeitig für eine Evaluierung der Effekte gesorgt wird.“ (Stock und Tintemann 2012, S. 27). Für die technische Bildung wird dementsprechend immer wieder auf die Notwendigkeit empirischer Forschung hingewiesen (vgl. z.B. Zinn 2014; Buhr und Hartmann 2008).

Ein Forschungsgebiet, welches schon bei der Gründung der acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) 2008 als wichtig erachtet wurde, war die Frage nach der „[...] innere Verfasstheit von dem, was wir Technik nennen“ (Kleiner 2010, S. 9). Dementsprechend wurde 2008 eine Konferenz zu den Fragen nach der Entstehung, Methode und Struktur technischen Wissens veranstaltet, die als ersten Schritt

hin zu einer Identifizierung technischen Wissens als genuine Wissensart angesehen wurde (Kornwachs et al. 2010, S. 11). Ein Bereich in diesem Kontext, welches zu Beginn dieser Forschungsarbeit wenig untersucht war, ist die Frage nach dem, was das Wissen über Technik oder technisches Wissen im Bereich der allgemeinen technischen Bildung ausmacht. Damit reiht sich die Technikdidaktik in andere Fachdidaktiken ein, in denen der Wissensbegriff bis in neuerer Zeit eher selten genauer definiert ist. Roger Hofer schreibt dazu:

„Geht man dem Wissensbegriff im didaktischen Diskurs nach, stellt man schnell fest, dass Wissen weit davon entfernt ist eine vorrangige didaktische Kategorie darzustellen. Obschon in regelmäßigen Abständen von der Wiederentdeckung des Wissens die Rede ist und deren Vernachlässigung immer wieder beklagt wird, ist die Verortung und die systematische Aufarbeitung des Wissensbegriffs in der (Fach-)Didaktik bislang ausgeblieben.“ (Hofer 2012, S. 13).

Untersuchungen dazu bestätigen dieses Ergebnis. Jörg Ruhloff schreibt dazu „‘Wissen‘ ist schon seit langem und noch bis in jüngster Zeit ein seltener Gast in dieser Gattung (12 Werke der Pädagogik, Anm. d. Red.) der publizistischen Produktivität der Erziehungswissenschaft“ (Ruhloff 2011, S. 207). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine Sichtung einiger Hauptwerke in der Fachdidaktik der Mathematik, Biologie, Chemie und Physik. In keinem wird das jeweilige Fachwissen definiert (vgl. Röben, Wiemer 2015, S. 5). Das ist vor allem deshalb verwunderlich, da eine Definition gut zu gebrauchen wäre, wie viele Didaktiker hervorheben. „Jeder Unterrichtende – dahin geht jedenfalls die ideale Forschung – sollte zunächst selbst ein Wissen vom Wissen haben, bevor er die Vermittlung von Wissen als berufliche Tätigkeit ausübt“ (Steindorf 1985, S.229). Was allgemeine technische Bildung inhaltlich ausmacht, ist sowohl in didaktischen Lehrbüchern (z.B. Schmayl 2010), in empirischen Untersuchungen (Rossouv et al. 2011) oder von Verbänden herausgegebenen Bildungsstandards (Höpken et al. 2003b; Fislake und Reich 2007) in vielen Facetten beschrieben. In der deutschen Übersetzung der Bildungsstandards der ITEA (International Technology Education Association) wird beispielsweise das Verständnis für den Zusammenhang von Technik und Gesellschaft, das Verständnis für Entwurf und Konstruktion, das Vorbereiten auf die technische Welt und das Verständnis für die technische Welt als Inhalte allgemeiner technischer Bildung beschrieben (Höpken et al. 2003b).

---

In der Technikdidaktik wurde abseits dieser Arbeit mittlerweile auch an anderer Stelle begonnen, sich mit technischem Wissen zu beschäftigen. Konkret wurde in einer Forschungsarbeit ein Instrument zur Erfassung technischen Wissens im Fach Naturwissenschaft und Technik für das gymnasiale Fach Naturwissenschaft und Technik entwickelt und erprobt (vgl. Zinn et al. 2017). Dafür wurden konkrete Inhaltsfelder des technischen Wissens bestimmt, wie Automatisierungstechnik, Bautechnik oder Wetter- und Klimatechnik (vgl. ebd. S. 82). Die inhaltliche Betrachtung zeigt damit den Facettenreichtum der allgemeinen technischen Bildung und macht deutlich, dass es unzählige Themenfelder für das Wissen über Technik gibt. Für ein „Wissen vom Wissen“ fehlt der inhaltlichen Betrachtung der übergeordnete Blick auf die dem Wissen eigene Struktur.

Außerhalb der Technikdidaktik sind, auch aus der eingangs beschriebenen Tagung heraus, einige Arbeiten zum Thema technisches Wissen entstanden. Thematisch wird dabei beispielsweise untersucht, was das Wissen über Technik ausmacht, was dieses Wissen zu einem eigenständigen Wissensgebiet macht oder zwischen welche Dimensionen oder Kategorien dieses Wissens unterschieden werden kann. Zu diesen Arbeiten zählen beispielsweise die Beschreibung des technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen durch Sandro Gayken (2010), die Beschreibung der Strukturen technologischen Wissens von Klaus Kornwachs (2012), die Beschreibung von Wissen und Können im Spiegel gegenwärtiger Technikforschung von Georg Mildemberger (2006) oder die Systemtheorie der Technik von Günther Ropohl (Ropohl 2009).

Ausgehend von diesen grundlegenden Überlegungen über das technische Wissen wird in dieser Arbeit der Frage nachgegangen, was technisches Wissen im Bereich der allgemeinen technischen Bildung ausmacht. Dabei wird das technische Wissen beziehungsweise auf bereits vorhandene Kategoriensysteme dahingehend untersucht, welche verschiedenen Kategorien im Bereich der allgemeinen technischen Bildung unterschieden werden können und in welcher Beziehung diese miteinander stehen, um in einem letzten Schritt Schlussfolgerungen für die technische Bildung diskutieren zu können.

## 1.2 Aufbau der Arbeit und Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit nähert sich dem technischen Wissen aus der Perspektive der technischen Bildung. Dabei sollen die Strukturen desselbigen empirisch herausgearbeitet werden. Der Begriff der Technik ist nicht trivial und benötigt viele vorausgehende Definitionen. Gaycken weist im Hinblick auf diesen Sachverhalt zu Beginn seiner Arbeit zum technischen Wissen hin: „Die genaue Abgrenzung ist wichtig, da Technik viele Seiten hat. Der Begriff alleine hat schon viele verschiedenen Bedeutungen. Das macht das Schreiben über Technik generell schwierig“ (Gaycken 2010, S. 15). Ähnlich verhält es sich auch mit der allgemeinen technischen Bildung. Einen Kanon allgemeinverbindlicher Inhalte gibt es nicht, was allerdings auch in der sich schnell wandelnden technischen Umwelt schwer zu realisieren ist. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, wird das technische Wissen und die technische Bildung in einem ersten theoretischen Teil für die Arbeit umrissen. Dazu werden zunächst die notwendigen Begriffe erarbeitet. Dabei liegt der Fokus auf dem Wissensbegriff und dem Technikbegriff. Wissen wird in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet. Diese werden vorgestellt, um so von einem Alltagsbegriff zu einem wissenschaftlichen Begriff zu gelangen. Der Technikbegriff wird innerhalb der Technikwissenschaft unterschiedlich definiert. Aus diesem Grund werden verschiedene Blickwinkel präsentiert und daraus der in der Arbeit genutzte Technikbegriff erarbeitet. Zwei Exkurse beleuchten zum einen die systemtheoretische Betrachtung der Technik, weil diese zum Verständnis der Theorien technischen Wissens benötigt werden, und zum anderen den Begriff der Normalkonfiguration, welcher ebenfalls für die Arbeit benötigt wird. Im Anschluss wird das Feld der allgemeinen technischen Bildung beschrieben, aus deren Perspektive in dieser Arbeit das technische Wissen beleuchtet werden soll.

Nachdem technisches Wissen und allgemeine technische Bildung betrachtet worden sind, wird in einem zweiten theoretischen Teil die notwendige Vorarbeit für eine empirische Untersuchung von Kategorien technischen Wissens durchgeführt. Dazu wird vorab die Beschreibung der Theorie zum technischen Wissen als handlungsanleitendem Wissen und die Definition des Wahrheitsbegriffs für technisches Wissen von Sandro Gaycken diskutiert und im Anschluss daran bereits bestehende Untersu-

---

chungen des Forschungsfeldes „technisches Wissen“ zusammengefasst und analysiert. Zu diesen zählen: die Beschreibungen des technischen Wissens in der Systemtheorie der Technik von Günther Ropohl (2009), die Definition der Strukturen technologischen Wissens von Klaus Kornwachs (2012), die Erklärungen zu den Wissensarten des handlungsanleitenden Wissens von Sandro Gaycken (vgl. 2010), die Beschreibung des Wissens der Ingenieure von Walter G. Vincenti (1997) sowie die Kategorien technischen Wissens im Bereich der Technikdidaktik von Winfried Schmayl (2010). Die Analyse dieser Kategoriensysteme bildet das Grundgerüst der weiteren empirischen Untersuchung in dieser Arbeit. Dieses wird noch dadurch erweitert, dass zum einen eine Abgrenzung zum naturwissenschaftlichen Wissen erfolgt und zum anderen der implizite und der explizite Teil des technischen Wissens genauer getrennt werden. Die Analyse der Erforschung technischer Begabung und Intelligenz schließen sich den genannten Vorarbeiten an. Dies geschieht zum erweitern des Blickwinkels hin zu empirischen Betrachtungen des Forschungsfelds. Dabei werden zwei Modelle technischer Begabung sowie empirische Befunde zur technischen Intelligenz aufgezeigt und analysiert. Diese geben Hinweise auf Bedingungen für das Erfassen technischen Wissens im Rahmen technischer Bildung und Wechselwirkungen zwischen Wissen und Leistung aufzeigen.

Arbeiten über Wissensstrukturen im Bereich des technischen Wissens sind bis jetzt nicht empirisch erfolgt. Das gilt im Besonderen im Hinblick auf die allgemeine technische Bildung. Somit hat die vorliegende Arbeit mit Hinblick auf die empirische Betrachtung explorativen Charakter wie er beispielsweise von Petra Stein wie folgt beschrieben wird: „So werden explorative Studien durchgeführt, wenn der Kenntnisstand in einem Untersuchungsbereich noch sehr gering ist. Sie zielen darauf ab, erste Einblicke in einen bestimmten Gegenstandsbereich zu erhalten“ (vgl. Stein 2014, S. 136). Ziel des empirischen Teils der Arbeit ist es, eine Theorie über die kategoriale Struktur technischen Wissens im Kontext der allgemeinen technischen Bildung zu entwickeln. Dazu werden im empirischen Teil der Arbeit auf Grundlage der vorhergehenden Analysen und Vorarbeiten Untersuchungen zum technischen Wissen im Kontext der technischen Bildung vorgenommen. Zu diesem Zweck wird zunächst das Forschungsdesign mit der Beschreibung der Fragestellung, der Vorgehensweise, der Einhaltung der notwendigen Güte und die Art der Auswertung beschrieben. Die

empirische Untersuchung wird methodisch als qualitative Inhaltsanalyse (vgl. Mayring 2010) durchgeführt, wobei einige quantifizierende Anteile im Sinne eines von Mayring für die Inhaltsanalyse beschriebenen Methodenmixes (vgl. ebd. 2001) angewendet werden. Im Anschluss an die Beschreibung des Forschungsdesigns werden die Ergebnisse der ersten kategorienbildenden und der darauffolgenden quantifizierenden Untersuchungen beschrieben.

Im letzten Teil der Arbeit werden die zentralen Ergebnisse der theoretischen und der empirischen Untersuchung zum technischen Wissen zusammengefasst und hinsichtlich einiger Schlussfolgerungen für die technische Bildung diskutiert.

---

## 2 Grundlagen

Zur Erforschung des technischen Wissens aus der Perspektive der technischen Bildung bedarf es zunächst der Klärung zweier Begriffe, die dieser Arbeit zu Grunde liegen. Dazu zählt als erstes der Wissensbegriff. In unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen gibt es die unterschiedlichsten Definitionen des Wissensbegriffs. Nachdem der Wissensbegriff aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet wurde, soll im Anschluss der Begriff der Technik näher betrachtet werden. Auch hier steht die Entwicklung eines wissenschaftlichen Technikbegriffs für diese Arbeit im Fokus. Dazu werden verschiedene Ansätze, wie die Überlegungen zur Technik als Teil der Menschwerdung, die philosophischen Betrachtungen und die systemtheoretische Herangehensweise analysiert. Die Systemtheorie der Technik wird in einem Exkurs gesondert näher erörtert, weil die diesem Ansatz zugrundeliegenden Begriffe und Betrachtungsweisen Grundlage dieser Forschungsarbeit sind. Gleiches gilt auch für die Definition der Normalkonfiguration bei Walter G. Vincenti (Vincenti 1997). Zuletzt wird der Begriff der technischen Bildung umrissen. Die Arbeit verfolgt das Ziel, technisches Wissen aus der Perspektive der technischen Bildung zu kategorisieren, sodass es notwendig ist, die technische Bildung als Wissenschaft der Vermittlung technischen Wissens zu umreißen und für die Arbeit zu besprechen. Dazu wird zunächst ein allgemeines Bild der technischen Bildung entworfen, um dieses dann mit didaktischen Ansätzen des allgemeinbildenden Technikunterrichtes zu konkretisieren und abschließend hinsichtlich des technischen Wissens zu diskutieren.

### 2.1 Der Wissensbegriff

Im Folgenden werden als Grundlage einige erkenntnistheoretische, sozialwissenschaftliche und didaktische Definitionen analysiert. Ziel ist es dabei, von einem alltagssprachlichen zu einem wissenschaftlichen Wissensbegriff zu gelangen sowie Probleme aufzuzeigen, die sich aus den Definitionen für die wissenschaftliche Betrachtung technischen Wissens ergeben.

### 2.1.1 Wissen aus erkenntnistheoretischer Perspektive

Die Frage nach dem Wissen war und ist eine zentrale epistemologische: „Wenn die Erkenntnistheorie einen einzigen Grundbegriff hat, dann ist es der des Wissens. Alle ihre zentralen Fragen haben in mehr oder weniger direkter Weise mit Wissen zu tun“ (Baumann 2006, S. 2). Zur Begriffsbestimmung hinsichtlich der Forschungsfragen werden deshalb die Erklärungen aus der traditionellen Konzeption des Wissens, der Kant'schen Logik (vgl. Kant und Jäsche 1800) sowie die Erklärung des Könnens bei Gilbert Ryle (vgl. 1987) betrachtet.

Im alltäglichen Sprachgebrauch finden sich viele Möglichkeiten zum Ausdruck gebracht werden kann, dass man eine Ahnung von etwas hat. Stellt man die einfache Frage nach der Hauptstadt von Frankreich, gibt es viele Möglichkeiten zu antworten. Eine Antwort könnte lauten: „Ich kenne die Hauptstadt, es ist Paris.“ oder: „Ich meine, es ist Paris.“ oder: „Ich weiß, dass es Paris ist.“ Alle diese Antworten drücken aus, dass ich das, was ich sage, für wahr halte. Allerdings scheint es schon zwischen „Ich meine“ und „Ich weiß“ einen Unterschied in der Sicherheit der Aussage zu geben. Um zu entscheiden, ob jemand etwas weiß oder nicht, ist es notwendig zu wissen, was Wissen ist. Ohne eine Definition von Wissen wäre dies nicht möglich. Wenn es Wissen gibt, gibt es jemanden, der es hat, denn Wissen ist personengebunden. Der Einwand, Wissen könnte auch in einem Buch stehen, ist hier nicht gerechtfertigt, denn auch das Wissen im Buch wurde von jemanden vorher gewusst (vgl. Baumann 2006, S. 29). Beispielweise könnte man sagen: „Ich weiß, dass man Stahl schweißen kann.“ oder erkenntnistheoretisch: „S weiß, dass p.“ S ist dabei das Subjekt, p der propositionale Gehalt. Der propositionale Gehalt ist der explizite Inhalt einer Aussage, erkennbar an „dass“ + „Aussage“. Es ist das Wissen, dass sich etwas so oder so verhält (vgl. Baumann 2006, S. 30). Es gibt allerdings auch andere Formen von Wissen die sich beispielsweise im tatsächlichen schweißen können zeigt, das Wissen wie etwas geht. In der Erkenntnistheorie geht es jedoch um das propositionale Wissen. Das Wissen „wie“ ist keine Aussage darüber, dass sich etwas so oder so verhält. Es ist also nicht propositional (vgl. Baumann 2006, S. 31). Das „Wissen wie“, das an späterer Stelle näher erläutert wird, zeigt allerdings schon ein Problem für die Definition des technischen Wissens nach rein erkenntnistheoretischer Betrachtungsweise

---

auf. Denn das Wissen „wie man schweiß“ ist ein gutes Beispiel für technisches Wissen.

Jemand, der etwas weiß, ist von seinem Wissen überzeugt. Er hält sein Wissen für wahr. Somit lautet eine erste erkenntnistheoretische Bedingung für Wissen: S weiß, dass p genau dann, wenn S die Überzeugung hat das p. Überzeugungen müssen nicht absolut sein. Eine Überzeugung meint hier eher, dass man sich sicherer ist, dass sich etwas so verhält als anders.

Überzeugungen können jedoch auch falsch sein. Jemand könnte davon überzeugt sein, dass die Erde eine Scheibe ist. Somit gibt es noch eine wichtige weitere Bedingung, die die erste Bedingung (Überzeugung) für Wissen ergänzt: S weiß, dass p genau dann, wenn S die Überzeugung hat, dass p und p wahr ist.

Ein weiteres Problem ist dabei der Zufall. „Ich weiß, dass meine Mannschaft gewinnt“ ist ein Satz, der, sollte die Mannschaft tatsächlich gewinnen, den bis jetzt beschriebenen Bedingungen entspricht. Eine Person, die einen solchen Satz ausspricht, hat eine wahre Überzeugung. Wissen ist das jedoch noch nicht, da es keinen nachvollziehbaren Grund für die Überzeugung gibt. Ob eine Mannschaft gewinnt, hängt von vielen Faktoren ab. Es kann aufgrund der letzten Leistungen zwar wahrscheinlich sein, ist jedoch auch vom Zufall abhängig. Wissen setzt aber in dieser Definition voraus, dass man nicht leicht falsch liegen kann (vgl. Baumann 2006, S. 38). In der Erkenntnistheorie wird deshalb noch eine weitere Bedingung hinzugefügt, die dann die traditionelle Konzeption des Wissens ausmacht<sup>1</sup>:

S weiß, dass p genau dann, wenn:

S die Überzeugung hat, dass p,

p wahr ist

und die Überzeugung von S gerechtfertigt ist.

Diese Definition beinhaltet die Voraussetzung, dass p wahr ist und es entweder möglich ist, p eindeutig als wahr zu definieren oder die Möglichkeit einzuräumen, dass

---

<sup>1</sup> Unter bestimmten Umständen ist diese Definition nicht richtig, was für diese Arbeit jedoch keine Relevanz hat. Siehe: Gettiers Problem z.B. in Baumann 2006 S. 40 ff.

es im Moment zwar keine Möglichkeit gibt herauszufinden, ob  $p$  wahr ist, jedoch trotzdem davon auszugehen ist, dass es entweder wahr oder falsch ist.

Betrachtet man nun ein erstes Mal technische Inhalte, sind diese oft nicht klar als wahr oder falsch zu beurteilen. Dazu ein Beispiel: Ein KFZ-Meister zieht die Radmuttern nach dem Reifenwechseln an. Er tut dies mit dem Hinweis auf seine Erfahrung ohne Drehmomentschlüssel, weil das schneller geht. Er ist damit erfolgreich und die Reifen halten bis zum nächsten Reifenwechsel und in der Wiederholung der Tätigkeit auch bis das Auto verschrottet wird. Er scheint also gewusst zu haben, wie stark man die Radmuttern anziehen muss und brauchte dementsprechend kein Messwerkzeug. Nun könnte man sich die Mühe machen, die zulässige Streckung der Radschrauben am Ende des Lebenszyklus des Autos zu messen und dabei feststellen, dass diese bald überschritten wäre. Somit lag der KFZ-Meister falsch mit seiner Aussage. Er wusste nicht, wie stark die Muttern anzuziehen sind, trotzdem hat er in einem definierten Rahmen erfolgreich gehandelt.

Somit kommt man zu dem Problem, den Begriff Wahrheit zu definieren. Was man weiß, könnte man auch als alles das, was man für wahr hält, bezeichnen. Für das Fürwahrhalten hat Immanuel Kant drei Begriffe beschrieben: Meinen, Glauben und Wissen (vgl. Kant und Jäsche 1800, IX. D). Mit diesem weiteren Beispiel aus der Erkenntnistheorie können Facetten des Fürwahrhaltens und Bedingungen für das Wissen aufgezeigt werden (vgl. ebd., IX. D):

- „Meinen“ ist bei Kant ein vorläufiges Urteil. Der Erkenntnisgrund, also warum eine Person etwas meint, kann aus Erfahrung generiert sein. Was eine Person meint, kann durchaus richtig sein, es fehlt aber die Begründung. Meinen ist damit kein Begriff, der nur im Alltäglichen vorkommt. Auch in der Wissenschaft kann eine Meinung vorherrschen, wie beispielsweise eine Hypothese, die noch nicht hinreichend bewiesen werden konnte.
- „Glauben“ ist bei Kant eine Behauptung, die objektiv nicht überprüfbar ist und auch nicht überprüft werden muss. Grund hierfür ist, dass Glaube nicht für die Allgemeinheit, sondern nur für eine Person selbst wahr sein muss.

- 
- „Wissen“ ist im Unterschied dazu das Fürwahrhalten aus einem Erkenntnisgrund. Dieser Erkenntnisgrund kann sowohl empirisch als auch mathematisch-rational sein. Wichtig ist, dass es einen hinreichenden Beweis für die Wahrheit gibt.

Nach dieser Definition ist das Wissen gleichbedeutend mit Wissenschaft. Denn hier sind die empirischen oder logischen Beweise zu finden, die die Bedingungen für Wissen darstellen. Gerade die Technikgeschichte zeigt jedoch, dass Teile des technischen Wissens aus Erfahrung gewonnen wurden und dabei keine strengen empirischen Beweise angestellt wurden (ggf. auch, weil diese noch gar nicht möglich gewesen wären) oder diese erst nachträglich gemacht wurden. Ein typisches Beispiel technischen Wissens aus den Regeln einer großen Klassifikationsgesellschaft für Schiffe: Der mittlere Längsträger eines Seeschiffes muss mindestens  $350+45 \cdot \text{Breite}$  des Schiffes in Metern hoch sein (DNV GL et al. 2016, 8 C.2.2.1). Nun ist es so, dass diese Bedingung mathematisch nicht unbedingt richtig ist. Es ist eine Aussage über alle Schiffe, die aber nicht für jedes Schiff zutrifft. Bei genauerer mathematischer Betrachtung des erwähnten Bauteils würde sich vielleicht eine geringere Abmessung als ausreichend ergeben. Sie ist somit nur unter bestimmten Voraussetzungen richtig, wird jedoch von den Anwendern nicht zwangsläufig hinterfragt. Ein sehr strenger Wahrheitsbegriff scheint, zumindest bei diesem Beispiel, für das technische Wissen nicht zielführend zu sein.

Zu Beginn wurde bereits kurz auf den Unterschied zwischen „Ich weiß, dass man Stahl schweißen kann.“ und „Ich weiß, wie man Stahl schweißt.“ eingegangen. In der klassischen Erkenntnistheorie spielt der zweite Satz keine Rolle, trotzdem steckt in dem zweiten Satz auch Wissen, nämlich wissen, wie etwas geht. In der praktischen Philosophie hat Gilbert Ryle in seinem Werk „Der Begriff des Geistes“ (1987) das Wissen „wie“ unter dem Begriff Know-how ausführlich beschrieben und zum Know-that, dem Wissen „das“, abgegrenzt. Der Beispielsatz „Ich weiß, wie man schweißt.“ kann hierbei zur Erläuterung der Begriffe dienen. Eine Person könnte sagen: „Ich kann nicht schweißen, aber ich weiß wie es geht.“ und anschließend den Prozess genau erklären, wie man etwa die Schweißpistole zu halten hat und wie man sie führen muss, um eine gute Schweißnaht zu erhalten. Eine andere Person könnte sagen „Ich kann schweißen.“ und anschließend den Beweis antreten, indem sie beispielsweise

zwei Bleche verschweißt. Hier liegt der Unterschied zwischen Know-how und know that. Know-how bedeutet, etwas zu können, know that zu wissen wie etwas funktioniert (und nicht zwingend es tun zu können).

Ryle grenzt dieses Know-how noch gegenüber dem Drill ab (vgl. Ryle 1987, S. 54ff.). Der Unterschied liegt in der Anwendung des Know-how. In der militärischen Ausbildung könnte das Schießen auf ein Ziel, welches immer gleich weit entfernt ist und immer gleich groß ist, zu einem Können führen, genau dieses Ziel zu treffen. Know-how ist das noch nicht, da nicht gesagt ist, ob der Schütze nach diesem Training auch auf ein Ziel in einer anderen Entfernung schießen kann oder auf eines, das sich bewegt. Know-how ist der intelligente Umgang mit dem Wissen und die Fähigkeit, dieses an verschiedenen Stellen einzusetzen (vgl. Ryle 1987, S. 54ff.). Der Erwerb von Know-how geschieht nach Ryle im Handeln selbst. Dadurch, dass eine Person immer wieder handelt und dabei ihre Handlungen durch Variation immer wieder aktualisiert und erweitert, erwirbt eine Person Know-how. Dabei schließt Ryle nicht aus, dass beim Erwerb von Know-how oft zunächst auch Regeln erlernt werden. Regeln reichen aber nicht aus, um Know-how zu erwerben. Auch müssen die Regeln nicht unbedingt gemerkt werden, da sie für das Know-how nicht zwingend erforderlich sind. Ein erfahrener Schweißer schweißt einfach, die Regeln sind ihm so in Fleisch und Blut übergegangen, dass er sie vergessen kann und trotzdem einhält. Ryle beschreibt Know-how in vielen Bereichen, wie beispielsweise im Spracherwerb oder beim Fahrradfahren. Der Begriff Know-how bietet auch eine gute Beschreibung von Wissen in einem technischen Kontext. Denn, was ist Know-how anderes, als dass, was ein Auszubildender üblicherweise von seinem Gesellen oder Meister lernt: Schweißen können, ein technisches Objekt herstellen können, ein technisches Objekt reparieren können. Die Art des Lernens, wie sie Ryle beschreibt, im Handeln selbst, stimmt dabei auch mit Teilen des Wissenserwerbs in einer technischen Ausbildung überein. Know-how als technisches Können wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch genauer beschrieben, da es als implizites Wissen im Bereich der Technikwissenschaften immer wieder diskutiert wird.

### **2.1.2 Wissen in der Soziologie**

In der Erkenntnistheorie ist Wissen als solches zu bezeichnen, wenn „p wahr ist“ und zwar empirisch oder logisch. In der Soziologie wird der Wahrheitsanspruch an das

---

Wissen üblicherweise weiter gefasst. So schreiben Berger und Luckmann in ihrer Theorie der Wissenssoziologie, dass die Frage nach Wissen und Wirklichkeit nur im gesellschaftlichen Kontext zu beantworten ist (vgl. Berger und Luckmann 2000, S. 3). Wissen ist für sie das, was von der Gesellschaft als solches anerkannt wird. Wie hat sich diese Betrachtung entwickelt und was ergibt sich daraus für das technische Wissen?

Die Soziologie behandelt das Thema Wissen seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts als eigenständiges Forschungsthema. Der Begriff der Wissenssoziologie wurde 1909 vom österreichischen Soziologen Wilhelm Jerusalem geprägt und in den 1920er Jahren von Max Scheler benutzt, der als einer der Begründer der deutschen Wissenssoziologie gilt (Knoblauch 2010, S. 95). Scheler unterscheidet Wissen in drei Hauptformen, um diese dann verschiedenen Ursprüngen und Funktionen zuzuordnen. Die Hauptformen sind: das religiöse Wissen, das metaphysische Wissen und das Wissen der positiven Wissenschaft. Den Ursprung des Wissens beim Menschen sah Scheler im Bereich der Religion bei Selbsterhaltung und Heil, im Bereich der Metaphysik beim Staunen über die Existenz der Welt und der Dinge sowie im Bereich der positiven Wissenschaften bei den Bedürfnissen nach Kontrolle von Natur und Gesellschaft (Scheler 1926, S. 69-171). Diese Wissensformen schlüsselte Scheler noch weiter auf und unterteilte das Wissen in künstliche und weniger künstliche Wissensformen. Für Scheler war dabei künstliches Wissen vor allem aus Bildung und Denken entstandenes Wissen. Demgegenüber war für ihn weniger künstliches, natürliches Wissen solches, das aus Überlieferung entstanden und unreflektiert weitergegeben wurde. Dabei ist das technologische Wissen für ihn das künstlichste Wissen, danach kommen die Mathematik, Philosophie, gefolgt von Religion, Mystik, Volkswissen sowie als am wenigsten künstlich Mythen und Legenden (vgl. Knoblauch 2010 S. 92 ff.) . Scheler bleibt mit diesen Einteilungen lange Zeit der einzige Soziologe, der die Technologie in seine Überlegungen zum Wissen einschloss. Dabei zeigte er jedoch vor allem die Wechselwirkungen von Technik und Gesellschaft sowie deren geschichtliche Verortung auf (vgl. Scheler 1926, S. 141 - 177).

Als zweiter Begründer der deutschen Wissenssoziologie gilt Karl Mannheim. Mannheim grenzte sich von Scheler ab<sup>2</sup> und beschrieb die Abhängigkeit des Wissens vom Individuum und der sozialen Gruppe, der das Individuum angehört. Mannheims Konzept vom Wissen lässt sich gut mit Keller beschreiben:

„Wissen ist für Mannheim unabdingbar ein kooperativer Gruppenprozess. So wie sich das Wissen des Einzelnen aus den besonderen sozialen und raumzeitlichen Bedingungen des Aufwachsens – etwas in der Stadt oder auf dem Land – aufbaut, so spielen auf der Ebene der Weltanschauungen und auch wissenschaftlichen Theorien kollektive Prozesse eine zentrale Rolle. Dazu gehören Generationenlagen und spezifisch damit einhergehende Erfahrungsmomente ebenso wie Prinzipien der geistigen Konkurrenz oder der Bildung von Denkschulen.“ (Keller 2011, S. 31 f.).

Mannheims Definitionen des Wissens waren schnell dem Vorwurf des Relativismus ausgesetzt, der sich mit Bettina Heintz wie folgt beschreiben lässt:

„Wenn jegliches Wissen Standortgebunden ist, d.h. nicht einfach den Gegenstand auf den es sich bezieht, reflektiert, sondern „gebrochen“ ist durch den jeweiligen sozialen Ort des Betrachters, dann lässt sich kein kontextfreies Wissen mehr denken und es gibt auch keine übergreifenden Evaluationskriterien mehr, um verschiedene konkurrierende Geltungsansprüche zu beurteilen“ (Heintz 1993, S. 531).

Dieses Problem versuchte Mannheim unter anderem damit zu lösen, dass er die „harten Wissenschaften“, für ihn die Mathematik und die Naturwissenschaften einen Sonderstatus einräumte (vgl. Heintz 1993, S. 531). Wenn Wissen relativ zum Träger ist, beeinflusst durch seine Sozialisation, kann es schlecht eine Wahrheit des Wissens geben, die in der Mathematik und zum größten Teil in den empirischen Naturwissenschaften jedoch kaum angezweifelt wird. In der Wissenssoziologie wurden nach Mannheim zumeist die „weichen“ Formen des Wissens (z.B. politische und soziale Theorien) erforscht (vgl. ebd., S. 533).

In der Soziologie wurde dies bis in die 70er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts so beibehalten. Dann wurde in Großbritannien, unter anderem durch David Bloor und Harry Collins, eine neue Wissenssoziologie begründet (sociology of scientific knowledge) (vgl. ebd., S. 536 ff.). Dabei bildeten sich zwei Strömungen heraus: erstens das Interessenmodell (maßgeblich von Bloor begründet), bei dem die sozialen Fak-

---

<sup>2</sup> Zu den genauen Gründen, die für diese Untersuchung irrelevant sind, siehe beispielweise Knoblauch (2010 S. 99 ff.).

---

toren als wissenschaftsexterne Faktoren (soziales Interesse) Theorien und Deutungsmuster beeinflussen. Zentrale These ist, dass gesellschaftspolitische oder professionelle Interessen die Theoriewahl der Wissenschaftler beeinflussen (vgl. ebd., S. 573). Diese Betrachtung orientiert sich stark an Mannheimers Definitionen, indem das Soziale der Wissenschaft in der Interessenlage der Wissenschaftler lokalisiert wird (vgl. Maasen et al. 2012, S. 91). Die zweite Strömung ist das Diskursmodell (maßgeblich von Collins geprägt). Dabei wird das Soziale am Wissenschaftlichen innerwissenschaftlich verortet. Wissenschaft ist demnach ein nie abgeschlossener Prozess. Für alle Phänomene gibt es verschiedene Deutungsmuster, ohne ein endgültiges empirisches Kriterium für Wahrheit (vgl. Heintz 1993, S. 538). Das Untersuchungsfeld, das sich aus der zweiten Strömung für die Soziologie ergibt, ist somit die Genese und die Interpretation der Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Forschung. Die Leitfrage ist dabei: „Wie kommt es bei aller Interpretationsoffenheit und Ambiguität naturwissenschaftlicher Beobachtungen zu gesichertem konsensuellen Wissen?“ (Maasen et al. 2012, S. 92). Diese wissenschaftssoziologischen Ansätze betrachten so vor allem die Wissensgenese in den Naturwissenschaften. Wenn sonst in der Wissenschaftssoziologie Technik betrachtet wird, so meistens im Fahrwasser der Technikfolgenabschätzung und der Beziehung zwischen Mensch und Technik (vgl. Maasen et al. 2012, S. 251-264).

Würde man technisches Wissen nicht zu dem zählen, was Mannheim als mathematisches und naturwissenschaftliches Wissen aus seiner Betrachtung ausklammert, wäre das technische Wissen ähnlich relativ vom Standpunkt des Beobachters zu betrachten wie andere Wissensinhalte, die mehr im Fokus des wissensoziologischen Diskurses zu finden sind, wie beispielsweise das Wissen über gesellschaftliche Prozesse. Dazu ein Beispiel: Werden zwei Handwerker damit beauftragt, ein Regal mit definierten Abmessungen und definierter Traglast zu bauen, könnten beide je nach Sozialisation unterschiedlich vorgehen. Baut der eine das Regal aus Holz, weil er Schreiner ist oder in seinem Umfeld mit Schreinerei zu tun hat, würde ein gelernter Metallbauer oder jemand der beispielsweise mit seinem Vater, welcher Metallbauer ist und mit ihm schon seit der Kindheit bastelt, ein Metallregal bauen. Entscheidend für das Wissen ist demnach die Sozialisation. Mit welchem handwerklichen Hintergrund ist er aufgewachsen, wie sieht seine Umwelt aus etc. Würden die beiden das Werk des jeweils Anderen betrachten, ist es durchaus vorstellbar, dass sie das Regal als „nicht

richtig“ betrachten und/oder aus Gewohnheit ablehnen: „So baut man kein Regal!“ Die Ergebnisse entsprechen nicht ihrer Lebenswelt. Trotzdem wäre das Ergebnis gleich. Denn beide Regale sind gleich groß und können die gleiche Last tragen. Somit gäbe es eine objektive durch physikalische Gesetze beschreibbare Wahrheit, die unabhängig vom Subjekt ist. Andererseits ist das Regal aus Metall wahrscheinlich schwerer und lässt sich damit vielleicht schlechter verrücken und auch das Holzregal wird Nachteile gegenüber dem Metallregal haben.

Hier zeigt sich die Schwierigkeit in der Einordnung technischen Wissens. Die Bewertung kann je nach Betrachtungswinkel durch naturwissenschaftliche Gesetze sehr objektiv sein, durch die Anforderungen und in der Interaktion mit dem Nutzer jedoch gleichzeitig sehr subjektiv. Technik ist also beides, objektiv in den Eigenschaften, subjektiv in deren Bewertung, welche aber auch Teil des Wissens über das Objekt ist. Die funktionale Subjektivität kann dabei durch die Sozialisation bestimmt sein. Sowohl die Genese als auch die Interpretation sind von vielen sozialen Faktoren abhängig, auch wenn beides gleichzeitig im Raum einer objektiven Naturgesetzmäßigkeit stattfindet.

### **2.1.3 Psychologie des Wissens und Könnens**

Bis jetzt wurde das Wissen aus philosophischer und sozialwissenschaftlicher Perspektive betrachtet. Mit Ausnahme der Erkenntnisse von Gilbert Ryle (vgl. 2.1.1) wurde dabei das Hauptaugenmerk auf den Inhalt des Wissens gelegt: Ist das Wissen wahr und was bedeutet Wahrheit? In der Psychologie und vor allem im Zweig der kognitiven Psychologie wird der Frage nach dem Wesen des Wissens nachgegangen. Dabei steht jedoch weniger der Wissensinhalt im Vordergrund, als vielmehr die Repräsentation des Wissens im Gedächtnis und die Zugriffsmöglichkeiten des Trägers auf dieses Wissen.

Nach den Theorien der kognitiven Psychologie besteht das Gedächtnis aus zwei wesentlichen Teilen, dem Arbeitsgedächtnis<sup>3</sup> (früher oft als Kurzzeitgedächtnis bezeichnet) und dem Langzeitgedächtnis (vgl. Wentura und Frings 2013, S. 119 ff.).

---

<sup>3</sup> Das grundlegende Konzept des Arbeitsgedächtnisses sieht vor, dass hier alle kurzfristigen Informationen aufrechterhält wie beispielsweise Wörter, welche man sich kurzfristig merken soll (vgl. Wentura und Frings 2013, S.93).

---

Das Langzeitgedächtnis besteht wiederum aus vier Gedächtnisarten: *semantisches*, *episodisches*, *prozedurales* und *perzeptuelles*. Im *semantischen* Gedächtnis ist Wissen über einen Sachverhalt abgespeichert: Der Bleistift auf meinem Schreibtisch ist blau. Im *episodischen* Gedächtnis ist Wissen gespeichert, dass mit dem eigenen Erleben und seiner zeitlichen Einordnung verbunden ist: Am 11.09.2001, an dem Tag an dem das World Trade Center zum Einsturz gebracht wurde, war ich bei meinem Freund Daniel. Das Wissen aus dem *semantischen* und dem *episodischen* Gedächtnis wird als deklaratives Wissen zusammengefasst. Demgegenüber stehen die beiden anderen (nicht-deklarativen) Gedächtnisse. Zum einen wird das *prozedurale* Gedächtnis beschrieben als kaum verbalisierbare routinemäßige Verknüpfungen von Stimuli und daraus folgenden Reaktionen. Beispiele wären das Wissen um die Fähigkeit beim Fahrradfahren das Gleichgewicht zu halten oder schweißen zu können. Das *prozedurale* Wissen ist damit auch jener Teil des Wissens, welcher meistens mit dem in Zusammenhang gebracht wird was, Gilbert Ryle als Know-how bezeichnet hat. Zum anderen das perzeptuelle Gedächtnis, welches Wissen darüber speichert, wie etwas auszusehen hat: Ich sehe meinen Freund Daniel und erkenne ihn schon an kleinsten Bildausschnitten.

Das Zusammenspiel der Gedächtnisarten wird in der kognitiven Psychologie häufig mit einem Gehirnmodell erklärt, das in vielen Bereichen dem Computer ähnelt. Nach einem solchen, dem populären ACT-R-Modell (Adaptive Control of Thought-Rational) (vgl. Wentura und Frings 2013 S.37-40) besteht das Gehirn im Wesentlichen aus einem Arbeitsspeicher sowie zwei Gedächtnissen. Das eine ist für deklarative Wissensinhalte reserviert, das andere für prozedurale. Das deklarative Gedächtnis speichert das semantische und das episodische Wissen. Das prozedurale speichert Wenn-dann-Regeln. Ein Musterabgleichsprozess überprüft Wenn-Fragen nach Dann-Antworten im Arbeitsspeicher. Sind keine vorhanden, werden die Wissensspeicher überprüft und Änderungen im Arbeitsspeicher vorgenommen. Ein weiterer Unterschied zwischen dem deklarativen und dem nicht-deklarativen Wissen ist die Art der Verarbeitung. Das deklarative Wissen wird in einem kontrollierten Prozess genutzt. Die Nutzung des deklarativen Wissens ist ein bewusster Prozess, was jedoch auch bedeutet, dass man das deklarative Wissen immer nur Schritt für Schritt nutzen kann (seriell). Man kann also keine zwei Prozesse gleichzeitig ausführen, die beide die Nutzung des deklarativen Gedächtnisses voraussetzen. Anders verhält es sich mit

dem nicht-deklarativen Wissen: Viele Verhaltensroutinen können gleichzeitig ablaufen (vgl. Gadenne in Neuweg 2000, S. 115 f.).

Es ist anzumerken, dass die kognitive Psychologie schon seit ihrer Ausformulierung als Wissenschaft in einigen Bereichen in der Kritik steht, weil ein Computermodell des Gehirns vor allem die Frage nach dem Geist des Menschen nur sehr unbefriedigend beantworten kann.<sup>4</sup> Auch die Unterscheidung zwischen episodischem und semantischem Wissen ist umstritten.<sup>5</sup>

Die Vorstellung, dass Wissen nicht nur in verbalisierbarer Form vorliegt, ist nicht der kognitiven Psychologie vorbehalten. Außerhalb der kognitionspsychologischen Modelle gibt es auch noch andere Zugänge zum prozeduralen Wissen. Mit Gilbert Ryles Definitionen von Know-how und Know-that wurde bereits eine aufgezeigt (vgl. Kapitel 2.1.1.). Michael Polanyi prägte in den 60er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts den Begriff des Tacit Knowledge (Polanyi und Sen 2009). Polanyis Theorien stützten sich dabei sowohl auf philosophische Überlegungen als auch auf Elemente der Gestaltpsychologie. Die Definition des Tacit Knowledge hat starke Ähnlichkeit mit dem prozeduralen Wissen und wird seit einiger Zeit in der Didaktik diskutiert (vgl. z.B. Neuweg 2002; Neuweg 2004; Walter 2002). Im deutschsprachigen Raum wird Tacit Knowledge zumeist als implizites Wissen übersetzt. Die Theorie Polanyis ist schwer fassbar, da es kein abgeschlossenes Werk ist. Die Theorie zum Tacit Knowledge lässt sich lediglich aus vielen ausgearbeiteten Vorträgen und Aufsätzen herausarbeiten, was eine Interpretation schwierig macht (vgl. Mildenerger 2006 S. 101; Neuweg 2004 S. 130).

Polanyis Hauptthese ist, dass Menschen mehr wissen als sie sagen können (vgl. Polanyi und Sen 2009, S. 4). Ein bekanntes Beispiel zu dieser Überlegung ist das Fahrradfahren. Es ist nicht möglich, Fahrradfahren zu lernen, indem man es verbal oder durch Vormachen erklärt bekommt. Man muss üben und ggf. hinfallen bis man es beherrscht. Auch kann man Fahrradfahren nicht lernen, indem man einzelne Prozessschritte der Tätigkeit erlernt und dann zusammensetzt. Erst, wenn man sich nicht mehr auf einzelne Bewegungsabläufe konzentriert, ist es möglich, Fahrradfahren als

---

<sup>4</sup> Zur Diskussion interessant ist z.B. der von Georg Hans Neuweg herausgegebene Band „Wissen Können Reflexion“ (Neuweg 2000)

<sup>5</sup> Einen guten Überblick über die kontroverse Diskussion zum episodischen und semantischen Gedächtnis bieten Wentura und Frings (vgl. Wentura und Frings 2013, S. 123 ff.)

---

Ganzes zu lernen. Polanyi bezeichnet dies als From-to-Struktur. Man wendet sich von einzelnen Abläufen ab und dem eigentlichen Ziel (dem Fahrradfahren) zu (vgl. Mildenberger 2006, S. 104). Die einzelnen Abläufe werden dabei als proximale Terme bezeichnet, das zielführende Gesamtsystem, als distale Terme. Dieses Abwenden ergibt sich bei Polanyi auch aus der Art der Aufmerksamkeit. Ein Beispiel dabei könnte ein Arzt sein, der einen Patienten mit einem Ultraschallgerät abtastet. Er wendet sich von den einzelnen Wahrnehmungen (bei Polanyi: subsidiary awareness), wie z.B. dem Druck des Ultraschallgeräts auf seine Hand, ab und dem entstehenden Gesamtbild des abgetasteten Körperbereichs (focal awareness) zu (vgl. Mildenberger 2006, S.104 f.). Proximale Terme sind dabei nicht auf sensorische Körperwahrnehmungen beschränkt. Polanyi beschreibt auch wissenschaftliche Theorien, wie z.B. mathematische Regeln als mögliche proximale Terme (vgl. Polanyi und Sen 2009, S.17). Dass sich das prozedurale oder implizite Wissen nicht auf händische körperliche Tätigkeiten beschränkt, konnte schon in vielen Versuchen der experimentellen Psychologie gezeigt werden (vgl. Broadbent et al. 1986; Berry und Broadbent 2007; Berry und Broadbent 1988). Ein Versuch dazu von Dianne C. Berry und Donald E. Broadbent untersuchte die Performanz von Probanden beim Lösen eines betriebswirtschaftlichen Problems (die Steuerung des Outputs einer virtuellen Zuckerfirma anhand der Menge der Arbeiter) und dem nachher explizierbaren Wissen über diese Aufgabe (vgl. Berry und Broadbent 2007). Die Probanden konnten, nachdem sie die Aufgabe absolviert hatten, nicht beschreiben, welcher Zusammenhang zwischen den Einflussfaktoren bestand. Trotzdem konnten die Probanden durch Üben ihre Fähigkeiten bei der Steuerung verbessern, jedoch ohne später genauer explizieren zu können, wie die Menge der Arbeiter und die Zuckerproduktion zusammenhängen. Gab man den Probanden vorher Hinweise zu den Zusammenhängen, konnten sie diese besser erklären, die Performanz bei der Lösung der Aufgabe änderte sich dadurch jedoch nicht. Diese Ergebnisse werden als Belege für implizites Wissen im Bereich komplexer nicht-sensomotorischer Wissensinhalte gedeutet.

#### **2.1.4 Wissen in der Didaktik**

Sich nun dem didaktischen Wissensbegriff zu nähern, bedeutet, eine weitere Perspektive auf den Wissensbegriff zu eröffnen, der vermittelnden. Ob der Prominenz des

Kompetenzbegriffs in der Bildung, erscheint es allerdings notwendig, Wissen und Kompetenz zu unterscheiden.

In der Didaktik ist aus der Berufspädagogik heraus der Begriff der Kompetenz mittlerweile stark in den Fokus der Überlegungen zur schulischen Bildung gerückt. Dadurch ist es zunächst notwendig, vor einer Definition des Wissens aus didaktischer Perspektive eine begriffliche Einordnung vorzunehmen. Diese Definition ist jedoch nicht trivial, da die Diskussion über Kompetenz im schulischen Bereich ideologisch recht aufgeladen ist. Franz E. Weinert definiert Kompetenz als

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (d. h. absichts- und willensbezogenen, E. K.) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert 2014, S. 27).

Das ist eine funktionale Betrachtung des Begriffes, die alleine die erfolgreiche Lösung eines Problems in den Vordergrund stellt (vgl. Kreitz in Pongratz 2007, S. 128). Wissen wird in dieser Definition gar nicht erwähnt. Als Grundlage wird fachspezifische Kompetenz genannt (vgl. Weinert 2014, S. 28). Eckhard Klieme definiert Kompetenz etwas anders: „Kompetenz stellt die Verbindung zwischen Wissen und Können her und ist als Befähigung zur Bewältigung unterschiedlicher Situationen zu sehen.“ (Klieme 2004). Klieme erwähnt wiederholt Wissen als Basis der Kompetenz, ohne jedoch weiter darauf einzugehen, was mit dem Begriff gemeint ist. Es bleibt unklar, wie dieses Bindeglied zwischen Wissen und Kompetenz aussehen soll. Im Bereich der beruflichen Bildung zeichnet Marisa Kaufhold ein exakteres Bild. Der Begriff der Kompetenz beschreibt in ihrer Definition die Fähigkeit, etwas tun zu können, also ein Problem lösen zu können. Dazu sind verschiedene einzelne Fähigkeiten notwendig. In der Definition von Kaufhold werden Wissen, Fähigkeiten/Fertigkeiten, Motive und emotionale Disposition als Bestandteile von Kompetenz genannt (vgl. Kaufhold 2006, S. 100). Daran schließt sie eine Definition des Wissens als wahre Annahme über die Welt und deren Zusammenhänge sowie dem impliziten Wissen, ähnlich definiert wie bei Polanyi, an (vgl. Kaufhold 2006, S. 109 ff.). Damit stellt Wissen die Grundlage des kompetenten Handelns dar, welches aber durch physische und psychische Leistungsfähigkeit beeinflusst wird. Die Betrachtung von

---

Kaufhold ist nicht wissenschaftlicher Konsens und die Diskussion über die Definition der Kompetenz und der Verordnung des Wissens darin kein abgeschlossener Prozess. Die vorliegende Arbeit schließt sich allerdings bezüglich der Verortung des Wissens innerhalb des Kompetenzbegriffs den Annahmen von Kaufhold an.

Die Betrachtung des Wissens aus didaktischer Perspektive geschieht zunächst aus einem allgemeinen und danach aus einem fachdidaktischen Winkel. Die allgemeine didaktische Perspektive nimmt Lutz Koch in einem Aufsatz über das Verhältnis von Lernen und Wissen ein. Dazu schreibt er: „Wissen ist Wissen von etwas über etwas, ebenso ist Lernen stets ein Lernen von etwas über etwas.“ (Koch 2007, S. 43). Wissen und Lernen haben also eine Aussagestruktur. Koch merkt dazu an, dass es notwendig ist, zu unterscheiden, ob man das Gelernte als wahr annimmt oder sicher ist, dass es auch wahr ist. An dieser Grenze unterscheidet Koch starkes Wissen und schwaches Wissen. Starkes Wissen ist Wissen, das man als Gewissheit annimmt (z.B. durch Nachprüfung oder Experiment). Schwaches Wissen ist demgegenüber Wissen, welches man selbst nicht nachgeprüft hat und somit eher ein Meinen ist (vgl. Koch 2007, S. 45 f.).

Um zu starkem Wissen zu kommen, formuliert Koch vier Stufen des Lernens (vgl. Koch 2007, S. 45f.):

1. Lernen als anschauliche Auffassung des konkreten Einzelnen;
2. Erlernen des begrifflichen Verständnisses;
3. vertiefendes Lernen zur Einsicht hin;
4. Erlernen der Übersicht (das Ganze eines Wissensgebiets, Anm.d.Verf.).

Koch geht davon aus, dass die Unterscheidung zwischen starkem und schwachem Wissen sowie die Vermittlung dieses Sachverhalts in der Didaktik zu wenig berücksichtigt wird und es notwendig ist, nicht nur Wissen, sondern auch Wissen über Wissen zu vermitteln. Dabei lehnt er die Notwendigkeit der Information oder Kenntnis als Basis nicht ab (wie in den Stufen des Lernens deutlich wird), weist jedoch immer wieder auf die Begrenztheit von Informationen hin. Informationen fehlt der Zusammenhang und die Einordnung, die dem Wissen eigen ist. Koch plädiert so für einen strengen Wissensbegriff, der sich (auch wenn er das nicht erwähnt) stark an dem

erkenntnistheoretischen wahren, gerechtfertigten Glauben orientiert. Dass diese Strenge in der Vermittlung von Fachwissen aus didaktischer Perspektive nicht immer eingehalten werden kann, wird später noch anhand der Ausführungen von Roger Hofer gezeigt. Dazu muss jedoch vorher noch der Begriff des Schulwissens erläutert werden. In diesem Begriff zeigt sich nämlich, dass Wissen im didaktischen Kontext auch durch die Vermittlung beeinflusst wird.

Lutz Koch merkt zum Schulwissen an, dass dieses ein oft eher abschätzig genutzter Begriff sei. Es scheint eine verkürzte Form oder ein provisorisches Wissen (bevor man echtes Wissen erwirbt) zu sein. Schulwissen ist in Breite und Tiefe verkürzt. Die Begründungsketten für die Wissensinhalte sind unvollständig (vgl. Koch 2015, S. 44). Dies ist laut Koch aber eine sehr negative Darstellung, soll doch die Schule nicht die Universität ersetzen. Schulwissen hat einen anderen Adressaten und soll den Wissenshorizont erweitern, erste Schritte aufzeigen und Interesse erregen (vgl. ebd., S. 44). Schulwissen ist also eine reduzierte Form des Wissens. Die nicht-reduzierte Form ist der Wissenschaft vorbehalten. Dies bestätigt auch Jürgen Rekus mit seiner Definition didaktischen Handelns als Weitergabe des Wissens als erlernbares Wissen. Wobei der Begriff der Erlernbarkeit darauf hinweist, dass man nicht alles selbst erfahren, erforschen oder auf eine entsprechende Erfahrung warten, sondern Wissen nur verkürzt weitergegeben werden kann und muss. Für dieses Wissen muss es jedoch Gründe geben. Es muss also stets die Frage gestellt werden, warum etwas wie verkürzt wird und woran das verkürzte Wissen anknüpft, sodass der Lernende nicht nur Kenntnis von etwas hat (vgl. Rekus 2005, S.58 f.), sondern das Wissen entsprechend einordnen kann. Diese Sicht auf das Schulwissen stößt sich jedoch mit der Realität insofern, als dass Wissen sehr unstetig ist. Dazu schreibt Norbert Landwehr:

„Was gestern noch als unabdingbares Grundlagenwissen galt, ist heute bereits überholt – sei es, weil es von neuerem (präziseren oder evtl. auch ‚richtigerem‘) Erkenntnissen abgelöst worden ist, sei es, weil sich innerhalb von wenigen Jahren die Lebensumstände bereits so grundlegend verändert haben, dass das vor kurzem noch als bedeutsam eingestufte Wissen bereits irrelevant geworden ist.“ (Landwehr 1997, S. 13).

Somit sieht Landwehr als Bildungsziel die Vermittlung von Wissen, welches den Träger dazu befähigt, mit dem ihm zur Verfügung stehenden Wissen schöpferisch umzugehen (Landwehr 1997, S. 15).

---

Bezüglich der Vermittlung des Wissens findet sich bei beiden Autoren eine Gemeinsamkeit. Was Koch als starkes Wissen und schwaches Wissen betitelt, wird bei Landwehr als Kenntnis und Erkenntnis gegenübergestellt (vgl. Landwehr 1997, S. 42 ff.). Was jedoch macht Schulwissen aus? Die Frage nach dem genauen Sachinhalt ist in jeder Fachdidaktik wohl einzeln zu klären. In den vorherigen Ausführungen wurde deutlich, dass Schulwissen durch Verkürzung nicht als Kenntnis, losgelöst von einer Begründung, stehen darf. Somit stellt sich übergeordnet die Frage, welche Begründungszusammenhänge Wissen aus didaktischer Perspektive haben kann und welche Begründung hinreichend für die Reklamation als Wissen ist.

Ähnlich, wie bereits an einigen technischen Beispielen verdeutlicht, ist in der Didaktik der strenge Wissensbegriff, wie er in Kapitel 2.1.1. beschrieben wurde, zumindest im Schulischen nicht immer geeignet. Das liegt daran, dass Begründungszusammenhänge nicht immer für die schulische Nutzung geeignet sind (z.B. weil sie zu komplex sind). Aus der Diskussion mehrerer erkenntnistheoretischer Betrachtungen von Wahrheit entwickelte Roger Hofer ein Modell für Wissen in der Fachdidaktik im gymnasialen Kontext (Hofer 2012), welches aus drei Formen von Wissen besteht. Die drei Formen sind das Begründungswissen, das Gebrauchswissen sowie das Erfahrungswissen. Den Wissensformen liegen jeweils verschiedene pädagogische Zielsetzungen zugrunde.

Das Begründungswissen (rationales Wissen) definiert Hofer mit der Erkenntnistheorie. Begründungswissen ist wahrer gerechtfertigter Glaube. Wobei er einräumt, dass im schulischen Kontext die Rechtfertigung, pragmatisch gesehen, so ausgestaltet werden sollte, dass sie vom Schüler verstanden werden kann (vgl. Hofer 2012, S. 372). Das Begründungswissen ist nach Hofer das Wissen, welches innerhalb des schulischen Kontextes systematisch begründet werden kann und einen Erkenntnisanspruch hat. Das schließt auch die Ebene des Wissens über das Einschätzen von Wissen als richtig oder falsch ein (vgl. ebd., S. 351 f.). Das Begründungswissen entsteht aus dem Wissen über fachmethodisches Denken. Mit diesem können Gründe logisch erkannt werden, warum das Wissen wahr ist. Die Rechtfertigung ergibt sich vor allem aus der fachsprachlichen Interaktion (Diskussion) mit der Lehrperson. Hofer zeigt einige Bedingungen für das Begründungswissen auf, welche genauer bestimmen, wann Wissen Begründungswissen ist (vgl. ebd., S. 407 ff.). Zunächst liegt

Begründungswissen vor, wenn der oder die Wissende Warum-Fragen zum Thema beantworten kann. Diese Bedingung nennt Hofer „Bindung an Gründe“. Außerdem muss das Wissen konsistent sein, also frei von Widersprüchen. Wer Begründungswissen hat, ist sich dabei bewusst, dass das Wissen aspekthaft ist. Das Wissen ist nicht objektivistisch neutral, sondern durch den Zugriff über ein spezifisches Fach und/oder z.B. durch Abstraktion „gefärbt“. Als letzte Bedingung für das Begründungswissen nennt Hofer die Formen der Kritik. Gemeint ist hierbei, dass der Wissende sich der Kritik an einem bestimmten Wissensinhalt bewusst ist.

Das Gebrauchswissen (pragmatisches Wissen) definiert Hofer mit der Theorie der guten Information, welche er von Edward Craig übernimmt und welche die gute Information wie folgt charakterisiert:

„1. Der Informant ist mir zugänglich – hier und jetzt. 2. Er ist für mich erkennbar als einer, der in der Frage ob p, wahrscheinlich Recht hat. 3. Die Wahrscheinlichkeit, dass er Recht hat, ist für meine (hiesigen und jetzigen) Zwecke ausreichend. 4. Die Kommunikationswege, die zur Mitteilung seiner Meinung bezüglich p ausreichen, sind zwischen uns offen.“ (Craig 1993, S. 94)

Das Gebrauchswissen wird von anderen übernommen. Es schließt das Wissen über die angemessene Erfassung und den angemessenen Gebrauch der von anderen Personen vermittelten Informationen ein. Gebrauchswissen wird didaktisch dann benötigt, wenn es keine angemessene Möglichkeit gibt, die dahinterstehenden Erkenntnisse zu erfassen (vgl. Hofer 2012, S. 352). Gebrauchswissen ist in didaktischer Hinsicht unverzichtbar, da die moderne Gesellschaft besonders durch kognitive Kooperation und Arbeitsteilung gekennzeichnet ist (vgl. ebd., S. 415). Auch für die Charakterisierung des Gebrauchswissens definiert Hofer einige Bedingungen. Zunächst nennt er dabei die Zugänglichkeit. Gebrauchswissen hat jemand, wenn ihm bewusst ist, wie er zu diesem Wissen gelangt ist und wie er diesen Zugang einordnet. Ersteres ist im fachdidaktischen Hintergrund meistens die Lehrperson, letzteres ist als kritische Auseinandersetzung mit der Quelle zu verstehen. Des Weiteren muss das Wissen erkennbar sein. Darunter versteht Hofer die Einschätzung der gefundenen Information: Wie ist die inhaltliche Qualität? Welches Vorwissen wird gebraucht, um die Information einzuschätzen und aufzunehmen? An wen ist das Wissen adressiert? Au-

---

ßerdem ist Gebrauchswissen zweckdienlich bezüglich der tatsächlich benötigten Information und verständlich. Der Träger kann das neue Wissen mit dem eigenen Wissen verstehen (vgl. ebd., S.421ff.).

Die letzte von Hofer definierte Art des fachdidaktischen Wissens ist das Erfahrungswissen (authentisches Wissen). Die Bestimmung des Erfahrungswissens vollzieht Hofer nicht aus einem erkenntnistheoretischen, sondern eher aus einem lebensweltlichen Begriff wie er „...in der Redeweise von einem erfahrenen Arzt oder Lehrer zum Ausdruck kommt.“ (ebd., S. 424). „Solche Erfahrung ist nicht (vollständig) in propositionaler Form mitteilbar, man kann höchstens über sie berichten.“ (ebd., S. 424). Erfahrungswissen ist somit etwas, das selbst entdeckt und selbst erschlossen wird. Didaktisch steht beim Gebrauchswissen die eigene Erfahrung des Schülers im Mittelpunkt. Definitorische Bedingungen für das Gebrauchswissen sind die Bindung an die Person, der Erfahrungsgehalt, die Untersuchungsmethoden sowie die Ergebnissicherung. Die Bindung an die Person bedeutet, dass das Wissen vom Lernenden für sich selbst erschlossen wird, er generiert das Wissen wie beispielsweise im Schülerexperiment. Das gilt für den Lerninhalt, als auch für die Erfahrung beim Lernen. Mit dem Erfahrungsgehalt ist das Wissen gemeint, welches auf dem Weg zur Erkenntnis in der Auseinandersetzung entsteht. Mit den Untersuchungsmethoden wird das Wissen um die Methode der Erschließung beschrieben. Mit der Ergebnissicherung ist das Wissen gemeint, welches durch die Reflektion des Ergebnisses und der Aneignungsstrategie verbunden ist (vgl. ebd., S. 426 f.).

Es wird später zu prüfen sein, inwieweit die Erkenntnisse aus der Arbeit mit den theoretischen Überlegungen von Hofer zusammenzubringen sind. Die gerade im Modell von Hofer gezeigte Flexibilität (nicht Beliebigkeit!) im Umgang mit Wahrheit und dafür notwendiger Begründung zeigt jedoch Möglichkeiten, technisches Wissen mit ähnlichen Abstufungen zu betrachten.

### **2.1.5 Definitionen von Wissen und Wissen über Technik**

Die verschiedenen Blickwinkel auf den Wissensbegriff machen deutlich, dass Wissen ein im Alltag schnell gebrauchter und in der wissenschaftlichen Betrachtung ein sehr komplexer Begriff ist. Ein paar Punkte nochmals zusammengefasst:

- Wissen ist personengebunden. Jemand hat Wissen über etwas.
- Es liegen mindestens zwei relativ unterschiedliche Formen von Wissen vor: Wissen und Können (alternativ: prozedural – deklarativ, implizit – explizit). Das Eine ist das Wissen über etwas (Beweis dafür ist die Wahrheit), das Andere ist Wissen, wie etwas gemacht wird (Beweis dafür ist die Durchführung).
- Der implizite Teil wird je nach Betrachtungsweise sehr weit gefasst und umfasst auch Bereiche wie das Lösen von mathematischen Aufgaben und nicht nur körperliche Tätigkeiten.
- Ob etwas Wissen ist oder nicht, hängt unter anderem von der Definition der Wahrheit ab. Während erkenntnistheoretisch Wahrheit nur ist, was empirisch oder logisch bewiesen werden kann, hängt Wahrheit in der Wissenssoziologie sehr vom Umfeld des Trägers ab.
- Didaktisch ist Wissen aus der Perspektive der, durch den pragmatischen Rahmen und die Leistungsfähigkeit der Schüler, begrenzten Vermittlungsmöglichkeiten zu betrachten. Der Wissensbegriff muss so pragmatisch an dem gemessen werden, was die Vermittlung leisten kann und soll.

Was bedeuten diese Erkenntnisse für das Wissen über Technik? Die Personengebundenheit ist jedem Wissen eigen. Eindeutig scheint, dass Wissen über Technik sowohl explizierbare Teile enthält, als auch Teile, die nicht ohne Weiteres (oder gar nicht) explizierbar sind. Offensichtliche Teile des impliziten technischen Wissens sind handwerkliche sensomotorische Fähigkeiten, wie das Beispiel Schweißen zeigt. Nimmt man einen größeren Rahmen für implizites Wissen an, könnten auch Routinen, wie z.B. beim technischen Zeichnen, Teile des impliziten technischen Wissens sein. Ein sehr strenger Wissensbegriff scheint für die Technik nicht sinnvoll, gibt es doch viele Beispiele von technischem Wissen, die aus Erfahrung und Probieren entstehen und zu einer Routine oder einem Gesetz werden (siehe das Beispiel zum Schiff in Kapitel 2.1.1.), ohne systematisch empirisch betrachtet worden zu sein. Gleichzeitig ist der Wahrheitsbegriff in der Soziologie zu weit gefasst für Technik, ist doch jedes technische Artefakt und jede technische Handlung den Gesetzen der Physik unterworfen. Technik wie die Naturwissenschaften auszuklammern scheint jedoch

---

wegen der vielen Betrachtungsperspektiven ebenfalls nicht zielführend. Da, wie im kommenden Kapitel noch gezeigt wird, die Welt, in der wir leben, eine technische ist, die sich dabei gleichzeitig sehr schnell ändert, scheinen die Bemerkungen aus der Didaktik hinsichtlich der Notwendigkeit, pragmatisch mit dem Wissensbegriff umzugehen, in der Technik nicht nur in einem Lehr- und Lernkontext notwendig.

Die in der Arbeit angestrebte Kategorisierung technischen Wissens macht zum Schluss dieses Kapitels noch eine letzte Definition notwendig. In den Ausführungen zur Psychologie des Wissens wurden verschiedene Arten von Wissen beschrieben, deren Unterscheidung anhand der Speicherung im Gehirn erfolgt. Bei den Ausführungen von Hofer zum Wissen in der Didaktik wurden ebenfalls Arten von Wissen beschrieben, wobei die Unterscheidung anhand der Vermittlung erfolgt. Im Verlauf der Arbeit wird das Wissen über Technik ebenfalls in verschiedene Arten unterteilt, welche inhaltlicher Natur sind. Für diese Arbeit werden Wissensarten immer aus der geistigen Beschäftigung, also aus der inhaltslogischen Perspektive unterschieden und keine Aussagen über die Art der Speicherung oder Verarbeitung im Gehirn gemacht.

## 2.2 Der Technikbegriff

Um sich dem Begriff der Technik zu nähern, bieten sich verschiedene Zugänge an. An drei Beispielen wird im folgenden Kapitel aufgezeigt, wie man Technik aus der technischen Handlung evolutionär, aus dem technischen Objekt oder systemtheoretisch beschreiben kann. Die Konzepte sind dabei nicht als Schritte eines wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses, sondern als Facetten des Zugangs zur Definition eines sehr weiten Begriffes zu verstehen und dienen dazu, eine Definition für diese Arbeit zu bestimmen.

### 2.2.1 Was ist Technik?

Eine sehr allgemeine Aussage zu der Frage dieses Kapitels kommt von Winfried Schmayl und wurde schon zu Beginn der Arbeit zitiert: „[...] Technik ist *Conditio humana*, ein notwendiges Gattungsmerkmal. Es gibt keinen Menschen ohne Technik“ (Schmayl 2010, S.10). Ganz ähnlich beschreibt es auch Ralf Tenberg, der diesem Gedanken noch einen weiteren anfügt: „Der technische Fortschritt ist damit gleichermaßen Ursache und Wirkung des gesellschaftlichen Fortschritts“ (Tenberg 2016, S. 12). Dieser Blickwinkel wird zunächst mit den Beschreibungen von David Nye (vgl. Nye und Must 2007, S.1 ff) eingenommen. Nye betrachtet dabei vor allem die Evolution des Werkzeuggebrauchs. Die Idee, dass der Werkzeuggebrauch und damit der Gebrauch von Technik das ist, was den Menschen vom Tier unterscheidet, wurde lange Zeit als gegeben angesehen. Neuere Forschungen mit Primaten, die sich beispielsweise Stöcke ablängen und schälen, um sie in Termitenlöcher zu stecken, zeigen jedoch, dass diese These nicht ohne Weiteres gelten kann (vgl. Nye und Must 2007, S.1) oder wenn, dann nur mit der Ergänzung um intelligente Tiere. Trotzdem zeigt die Evolution des Menschen, dass Mensch und Technik untrennbar verbunden sind. Mit Technik lassen sich Dinge erzeugen die, und das ist dann ein Unterschied, auch zu allen intelligenten Tieren, nicht zum unmittelbaren Überleben benötigt werden, sondern beispielsweise etwas angenehmer macht. Die lebensnotwendigen Aufgaben (Nahrungsbeschaffung) lassen sich zumindest mit einfachen technischen Objekten (wie sie intelligente Tiere auch beherrschen) erledigen. Mit Technik ist es für Nye jedoch darüber hinaus möglich, die eigenen Wünsche immer mehr zu erweitern. Eine Axt ermöglicht Dinge, die Menschen erst haben wollen können, wie vielleicht

---

eine bessere Unterkunft, wenn sie sie auch bauen können (vgl. Nye und Must 2007 S. 3). Ein Beispiel aus heutiger Zeit kann dabei das Smartphone sein. Zunächst besteht nicht die Notwendigkeit einen Computer zu besitzen, der auch telefonieren kann. Viele besitzen bereits beides. Aber als das Smartphone entwickelt wurde, hat der Mensch auch schnell Dinge erfunden, die er damit machen kann, auch wenn es vorher keine Notwendigkeit oder keine Idee dafür gab. Für Nye hat die Benutzung von Technik eine starke Analogie zum Erzählen von Geschichten. Benutzt man ein Werkzeug oder baut man ein technisches Objekt, so muss man sich dieses vorher genau in einer Reihenfolge vorstellen. Diese beschreibt die Abläufe, welche passieren müssen, um zum gewünschten Ergebnis zu kommen. Aus einem Wunschzustand soll ein Ist-Zustand werden. Somit muss man sich diesen Zustand vorstellen können. Wenn die notwendigen Aufgaben zahlreich oder sehr komplex sind, muss man sich auch die Zwischenschritte vorstellen können. Dafür benötigt man, wie beim Erzählen, eine Position außerhalb der unmittelbaren sinnlichen Erfahrung, die einen Überblick über die Geschichte oder die technische Aufgabe gewährt (vgl. Nye und Must 2007, S. 19). Dieser Gedanke entspricht in etwa auch dem, was in einer der ersten Definitionen von Technik enthalten ist: Nach Aristoteles ist Technik „ein praktisches Können, seinem Wesen nach ein auf das Hervorbringen abzielendes reflektierendes Verhalten“ (Aristoteles nach Dirlmeier et al. 1969, S. 125). Die Definition von Technik bei Nye entspricht, wie die Aristotelische, damit eher einer Definition von Technik als Handlung, wie sie dementsprechend alltagssprachlich als „Technik des Klavierspielens“ oder „Technik des Programmierens“ zu finden ist.

Die Definitionen von Aristoteles nutzt auch Friedrich Dessauer im Versuch, den Begriff der Technik genauer zu definieren und „das ‚eigentlich technische‘ von den wechselvollen Begleitphänomenen abzulösen und sein eigenes Wesen zu erschauen“ (Dessauer 1965, S. 225). Dessauers Intention ist es, Technik ganzheitlich zusammenfassend zu definieren und die Eigenständigkeit der Technik im Vergleich zu den Naturwissenschaften zu beweisen (vgl. Tuchel 1964, S. 54 f.) Im Gegensatz zu der vorgestellten Definition von Nye entwickelt Dessauer seinen Technikbegriff aus der Philosophie. Dessauer beschreibt den Menschen als Homo Investigator (der wissen-wollende Mensch), als Homo Inventor (der schöpferische Mensch) und als Homo Faber (der produzierende Mensch) (vgl. Dessauer 1965, S. 141 ff.). Diese drei Eigenschaften sind für Dessauer jene, die den Menschen bei der Entwicklung und Nutzung von

Technik antreiben. Obwohl es immer Menschen sind, die mit Technik interagieren, weil sie die Umwelt als unbefriedigend empfinden und diese verändern wollen (vgl. ebd, S. 226), schließt er die menschliche Komponente aus seiner Definition aus, was eine Abgrenzung von der bereits erwähnten Definition von Technik als Handlung darstellt. Dessauer definiert Technik demnach folgendermaßen: „Technik ist reales Sein aus Ideen durch finale Gestaltung und Bearbeitung aus naturgegebenen Beständen“ (ebd, S. 234). Der erste Teil weist dabei auf Technik als Idee hin, die dem realen Objekt vorausgeht. Der zweite Teil weist auf die menschliche Tätigkeit hin, das Objekt der Idee zu erschaffen. Der dritte Teil weist auf die Entstehung des Objekts aus den naturgegebenen Stoffen und die Begrenzung des Objekts durch die Naturgesetze hin. Somit bezieht sich Dessauers Definition stark auf einzelne technische Objekte oder Erfindungen statt auf die Interaktion mit diesen technischen Objekten.

Für Günter Ropohl ist die Definition von Technik nur anhand einer Handlung oder eines Objektes unbefriedigend. In der von ihm beschriebenen Systemtheorie der Technik (Ropohl 2009) entwickelt er in der Integration beider Ansätze eine eigene Definition des Technikbegriffs, wobei er dafür zunächst drei Technikbegriffe definiert. Den ersten nennt er *weiten Technikbegriff*. Er schließt alle Arten von kunstfertigen Verfahrensroutinen in beliebigen Handlungsfeldern ein (vgl. Ropohl 2009, S. 29). Dieser Technikbegriff hat damit Ähnlichkeit mit dem Aristotelischen. Der *weite Technikbegriff* deckt sich mit dem der Umgangssprache und der Sprache der Sozialwissenschaften (vgl. Ropohl 2009, S. 29). Im Gegensatz zum *weiten Technikbegriff* definiert Ropohl den bereits beschriebenen Technikbegriff von Dessauer als *engen Technikbegriff*, welcher nur technische Gegenstände meint (vgl. ebd. S. 30). Damit schließt der enge Technikbegriff menschliches Handeln aus. Für Ropohl sind diese Definitionen ungeeignet, weshalb er einen *mittleren Technikbegriff* definiert, der beide Seiten miteinschließt, das Handeln jedoch einschränkt auf die Interaktionen mit technischen Objekten (vgl. ebd. S. 30).

---

Technik umfasst damit für Ropohl (vgl. ebd. S. 31):

- die Menge der nutzorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- die Menge aller menschlichen Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“

Zusätzlich definiert er den Begriff der Technologie als *die Wissenschaft von der Technik* (vgl. Ropohl 2009, S. 31) und als die Menge wissenschaftlich systematisierter Aussagen über Technik.

Technik hat für Ropohl drei entscheidende Dimensionen (vgl. Ropohl 2009, S. 35ff.). Zum ersten die naturale: Technik besteht aus der Natur (wenn auch bei modernen Werkstoffen in sehr stark bearbeiteter Form) und ist den Naturgesetzen unterworfen. Zum zweiten beschreibt Ropohl die humane Dimension: Technik ist etwas, das von jemanden für jemanden gemacht wurde. Das gilt auch für die Interaktion mit Technik. Zum dritten definiert er die soziale Dimension: Fast alle Aktivitäten bei Herstellung und Gebrauch von Technik sind durch die Gesellschaft geprägt. Das zeigt sich von der Ökonomie (Einsatz knapper Ressourcen) über Politik und Gesellschaft (welche Technologie wird gefördert oder zum Durchsetzen von Interessen genutzt) bis hin zu Fragen des Rechts (Patentrecht, Nutzungsrecht).

Die Dimensionen veranschaulichen die Durchdringung des Lebens durch Technik, zeigen jedoch auch ein Problem bei der Ropohl'schen Definition von Technik auf, welches Georg Mildenerger hinweist: Da in der modernen Welt jegliches Handeln direkt oder indirekt mit Technik zu tun hat (vgl. Mildenerger 2006, S. 17), besteht durch die letzte Bedingung der Definition von Technik bei Ropohl ein „alles ist Technik“-Problem. Dieses Problem Mildenergers mit der Definition von Ropohl zeigt aber auch, welche Wichtigkeit Technik hat: Fast alle menschlichen Handlungen sind technische Handlungen. Dem Einwand kann jedoch mit der Frage nach der Bewusstheit einer Handlung begegnet werden. Solange die Interaktion mit Technik darauf abzielt, sich aktiv mit der Technik zu beschäftigen, passt die Definition von Ropohl

sehr gut. Ein Beispiel wäre die Reparatur eines technischen Gegenstands oder das Erstellen eines Computerprogramms. Worauf Mildenberger anspielt, passt so eher zur unbewussten Interaktion, wie sie beispielsweise bei der Nutzung einer Türklinke geschieht. Hier geschieht aber (meistens) keine bewusste Auseinandersetzung mit dem technischen Objekt oder der technischen Handlung. Somit können solche Interaktionen als unbewusste Interaktionen ausgeklammert werden.

Für diese Arbeit wird der mittlere Technikbegriff, wie er von Ropohl definiert wird, verwendet. Grund hierfür ist, dass in dieser Definition sowohl Handlungen als auch Objekte eingeschlossen werden. Technisches Wissen ist Wissen über technische Handlungen und Objekte und wird für die Erstellung und Interaktion mit Technik benötigt.

### **2.2.2 Exkurs zur Systemtheorie der Technik**

Allgemeine Systemtheorien sind fächerübergreifend. Deshalb ist eine Systemtheorie der Technik eine spezielle Systemtheorie (vgl. Ropohl 2009, S. 71). Schon in der Metaphysik bei Aristoteles findet sich die Unterscheidung von „ganz“ (holon) und „gesamt“ (pan).<sup>6</sup> Für eine Ganzheit ist die Anordnung der Bestandteile entscheidend. Bei einer Gesamtheit ist das nicht der Fall. Aristoteles nimmt zur Erläuterung einen Becher als Beispiel. Ein Becher ist eine Ganzheit, deren Bestandteile z.B. Boden oder Henkel sind. Ohne diese Teile an der richtigen Stelle ist es kein Becher. Als Beispiel für eine Gesamtheit dient das Wasser. Man kann ein bisschen Wasser aus einer Gesamtheit von Wasser nehmen, ohne dass es dadurch kein Wasser mehr ist.

Die Sichtweise Aristoteles wurde in der Neuzeit von Ludwig von Bertalanffy aufgearbeitet. Aus der Biologie kommend hatte dieser in den 30er Jahren das Ziel, „die Erscheinungen des Lebens in einem System exakter Gesetze zu erfassen, das den Kriterien der fortgeschrittenen Wissenschaften genügt“ (Müller 1996, S. 66). Bertalanffy beschrieb das Ganze als Summe seiner Teile und als Summe der Beziehungen zwischen den Teilen (vgl. Ropohl 2009, S.72). Bertalanffy erkannte in diesem Zusammenhang, dass seine Theorien nicht nur für seine ursprüngliche Forschung

---

<sup>6</sup> Die zu Aristoteles im Nachfolgenden gemachten Erläuterungen setzen sich aus den sehr guten Erläuterungen aus der Systemtheorie der Technik (2009, S.71f.) sowie der Interpretation von Sandro Gaycken (2010, S.40ff.) zusammen.

---

von Belang waren, sondern sich auch in anderen Wissenschaftsdisziplinen anwenden ließen und das Zusammenwirken dieser beschreiben konnte (vgl. ebd., S.72). Der Systemgedanke wurde kurz danach von Norbert Wiener als erster auch in Bezug auf Technik angewendet. In seiner „Kybernetik“ beschreibt er Modellkonzepte für Regelung und Information bei Maschinen und Menschen und deren Ähnlichkeiten (vgl. ebd., S.72). Der Systemgedanke wurde anschließend immer weiteren Forschungsbereichen zugeführt, auch wenn nicht immer direkter Bezug aufeinander genommen wurde. So wurden unter dem Systemgedanken mathematische Modellanalysen für militärische oder wirtschaftliche Probleme erforscht (bei denen interdisziplinäres Denken wichtig ist) oder technische Probleme (wie die Planung großer Telefonnetze) betrachtet (vgl. ebd., S.73ff.). Auch heute spielt die Systemtheorie in der Erforschung künstlicher Intelligenz, der Verkehrsforschung oder in der Soziologie (durch Luhmann und Parsons) eine wichtige Rolle (vgl. Gaycken 2010, S. 42).

Was jedoch macht ein System aus? Allgemein beschreibt Ropohl ein System folgendermaßen:

„Ein System ist das Modell einer Ganzheit, die (a) Beziehungen zwischen Attributen (Inputs, Outputs, Zustände etc.) aufweist, die (b) aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht, und die (c) von ihrer Umgebung bzw. von einem Supersystem abgegrenzt wird“ (Ropohl 2009, S. 77).

Außer dem hebt Ropohl noch die Wichtigkeit der Information als relevantes Systemmerkmal hervor. Gerade, wenn die Regelung eines Systems betrachtet wird, spielen Informationen eine wichtige Rolle. Eine Information innerhalb der systemischen Betrachtung ist für Ropohl:

„[...] ein Zeichen aus einer Zeichenmenge, das (a) ein physisches Ereignis ist und mit einer bestimmten Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit auftritt (syntaktische Dimension), das (b) eine bestimmte Bedeutung hat, die ihm durch Konvention zugeschrieben wird (semantische Dimension) und das (c) einen bestimmten Bezug zum Verhalten seines Benutzers hat (pragmatische Dimension)“ (Ropohl 2009, S.82).

Beide Definitionen lassen sich gut durch die Beschreibung der verschiedenen Systemkonzepte erklären. Das erste (vgl. Abb. 1) ist das funktionale Konzept. Hier besteht in einer definierten (meist jedoch nicht mitbetrachteten) Umgebung eine Black-

Box<sup>7</sup>, die durch bestimmte Inputs verschiedene Zustände erreichen kann, um so einen definierten Output zu erzeugen. Als Beispiel kann hier der Umgang eines Laien mit einem technischen Objekt genutzt werden. Durch Einstellen eines Senders (Input) bei einem Radio erwartet er die gewünschte Musik (Output). In einer Organisationsstruktur (z.B. in einem Unternehmen) kann der Input auch eine Information (z.B. eine Abteilung benötigt mehr Teile x) sein, aus der eine Organisation eine Maßnahme (die Abteilung, die das Teil x herstellt, wird angewiesen, die Produktion zu erhöhen) ableitet. Das zweite zugrundeliegende Konzept ist das strukturelle (vgl. Abb. 1). Dabei wird ein System als eine Gesamtheit miteinander verknüpfter Elemente betrachtet. Das strukturelle Konzept ist somit der Blick in die Black-Box. Die einzelnen Elemente und ihre Verknüpfungen können so betrachtet werden. Welche Elemente sind mit welchen verknüpft und welche Informationen oder Materialien werden dabei wie ausgetauscht. Auch hierzu zwei Beispiele. Ein Radio besteht unter anderem aus Antenne, Platinen, Lautsprechern etc. Diese Bauteile sind in einer bestimmten Reihenfolge miteinander verschaltet und tauschen Informationen in Form von elektrischer Spannung aus. Gleiches kann auch für die Darstellung des Inneren eines Unternehmens genutzt werden, wo die Beziehungen und Informationsaustausche zwischen Abteilungen oder Mitarbeitern betrachtet werden können. Das dritte Konzept ist das hierarchische Konzept (vgl. Abb.1). Die hierarchische Betrachtung trägt dem Umstand Rechnung, dass jedes System immer wieder als Teil eines größeren Systems gesehen werden kann. Diese Betrachtung erlaubt damit auch, zu entscheiden, was im Moment als Ganzheit betrachtet werden soll. Am unteren Ende der Hierarchieleiter kann man sehr detailliert Systemerklärungen finden und am oberen einen Überblick über das Gesamtsystem gewinnen. So können in einem Unternehmen sowohl die hierarchischen Beziehungen innerhalb einer Arbeitsgruppe betrachtet werden als auch die Beziehungen des Unternehmens in einer Gruppe von ähnlichen Unternehmen.

---

<sup>7</sup> Als Black-Box bezeichnet man ein System (z.B. eine Maschine oder eine Organisation), dessen Inneres man nicht kennt, das von außen aber betrachtet werden kann.

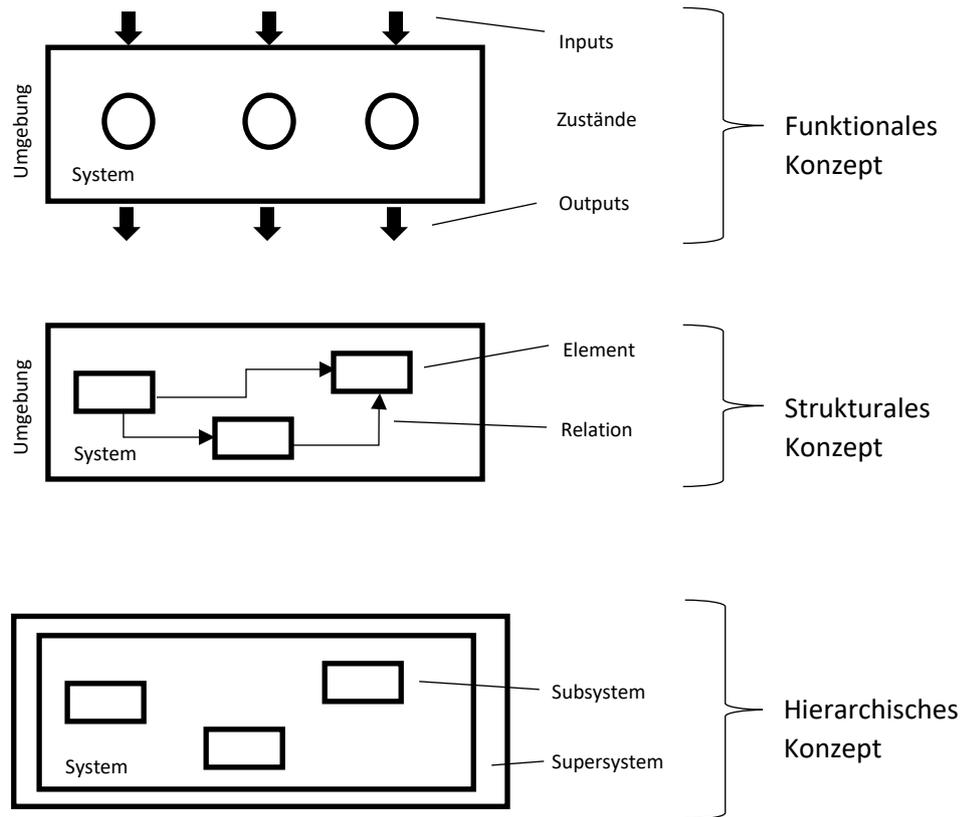


Abb. 1: Systemtheoretische Konzepte nach Ropohl (vgl. 2009, S. 76)

Für die Systemtheorie der Technik beschreibt Ropohl zunächst technische Handlungssysteme und technische Sachsysteme einzeln, um sie später zu einem soziotechnischen System zusammenzuführen. Technische Handlungssysteme entstehen bei der Interaktion mit Technik. Ein Handlungssystem ist ein System, das handelt und nicht eine Menge von Handlungen. Es hat also Funktion, Struktur und Umgebung. Zu einem Handlungssystem gehört alles, was für die gewünschte Handlung erforderlich ist. Es steht dabei mit seiner Umgebung in Beziehung (vgl. Ropohl 2009, S. 93ff.). Funktional betrachtet hat ein Handlungssystem Inputs, Zustände und Outputs. Der Output kann stofflich (z.B. beim Ernten von vorher Gesätem), energetisch (z.B. beim Benutzen der Muskulatur) oder informationell (z.B. jemandem etwas mitteilen) sein. Inputs können dementsprechend auch stofflicher, energetischer oder informationeller Natur sein. Die allgemeine Funktion eines Handlungssystems kann mit einem Ziel beschrieben werden, das durch ein Handlungssystem erreicht wird, welches dazu die äußerlichen Gegebenheiten aufnimmt und in veränderter Form abgibt. Die Funktion eines Handlungssystems ist die Veränderung der Umgebung, die Veränderung

des eigenen Zustands oder beides zusammen (vgl. ebd., S. 99). Aus struktureller Perspektive besteht ein Handlungssystem aus verschiedenen Elementen, die in Verbindung miteinander stehen. Dazu gehört ein Zielsetzungssystem (als die Menge von Zielen und ggf. zur Erreichung notwendiger Zwischenziele), ein Informationssystem (alle Informationen über die Handlung) und ein Ausführungssystem (alle Handlungen zum Erreichen des Ziels), die sich innerhalb eines Handlungssystems miteinander austauschen, um ein Ziel zu erreichen. Die Elemente können dabei Masse, Energie oder Informationen intern (also innerhalb des Systems) oder extern (mit der Umwelt) austauschen. Aus hierarchischer Sicht können Handlungssysteme auf verschiedenen Beziehungsebenen zwischen den Handelnden betrachtet werden. Handlungen werden durch Individuen ausgeführt, die z.B. zu einer Organisation (die ein Handlungssystem einer Hierarchieebene darstellt) gehören, die in einer Gesellschaft (die ein Handlungssystem einer Hierarchieebene darstellt) leben.

Technische Sachsysteme sind technische Objekte. Betrachtet man technische Objekte funktional, bestehen sie aus einem Input, der einem technischen Objekt (Black-Box) zugeführt wird, und einem Output, den die Black-Box erzeugt (vgl. ebd., S.123ff.). Der Vorgang findet in einem definierten Raum und einer definierten Zeit statt. Der Input kann aus Masse, Energie, Daten und Befehlen bestehen. Das Innere der Black-Box wird nicht betrachtet. Der Output besteht aus dem beabsichtigten Output (der Funktion des Sachsystems) und ggf. auch aus unbeabsichtigten Outputs. Unbeabsichtigte Outputs sind Nebenwirkungen technischer Objekte, die sich auf die Technik als solches oder auch auf die Natur oder die Gesellschaft auswirken können. Der Output kann auch aus Masse oder Energie bestehen. Gaycken merkt dazu an, dass gerade bei selbstregulierenden Maschinen auch Daten und/oder weitere Befehle als Output in Frage kommen (vgl. Gaycken 2010, S. 47). Ropohl unterscheidet bei den möglichen Funktionen eines technischen Objekts zwischen Wandlung (Input entspricht nicht dem Output), Speicherung (Input und Output sind gleich, Zeit zwischen Input und Output ist unterschiedlich) und Transport (Input und Output sind gleich, Raum und Zeit sind unterschiedlich). Mischformen sind möglich. Betrachtet man technische Sachsysteme strukturell, entspricht das einem Blick in die Black-Box, um innere Zusammenhänge zu beschreiben (vgl. Ropohl 2009, S. 126ff.). Die Zusammenhänge innerhalb der Black-Box unterteilt Ropohl in interne und externe. Externe Zusammenhänge sind Kopplungen zwischen einem Subsystem des Systems

---

mit einem von außen zugeführten Input. Interne Zusammenhänge sind Kopplungen zwischen verschiedenen Subsystemen innerhalb des Systems. Die Kopplungen können aus einem Austausch von Energie, Informationen oder Stoffen bestehen. Kopplungen können als Reihenkopplungen nur die Weitergabe in eine Richtung beinhalten oder als Rückkopplung auch in beide Richtungen. Kopplungen können auch parallel geschehen, um bei systemkritischen Elementen Redundanz zu erzeugen. Eine hierarchische Betrachtung von technischen Sachsystemen kann recht kurz ausfallen. Technische Objekte bestehen aus Werkstoffen, aus denen ein Einzelteil besteht, welches Teil einer Baugruppe ist usw. (vgl. ebd., S. 122). Diese hierarchischen Beziehungen können mit unterschiedlichen Detaillevels bis zu großen Anlagenverbänden betrachtet werden.

Die Kombination von Sachsystemen und Handlungssystemen nennt Ropohl soziotechnische Systeme. Er nimmt dabei an, dass dafür das Modell der Arbeitsteilung passend ist, weil auch die Interaktionen des Menschen mit Technik als Arbeitsteilung zu verstehen sind (vgl. ebd., S.135). Soziotechnische Systeme bestehen aus menschlichen Handlungen und technischen Sachsystemen, die Masse, Energie oder Information austauschen, um ein Ziel zu erreichen. Dabei können einzelne Aufgaben durch Subsysteme (technische Sachsysteme oder handelnde Menschen) arbeitsteilig übernommen werden, um eine konkrete Handlung auszuführen oder dafür notwendige Informationen zu verarbeiten. Soziotechnische Systeme lassen sich gut verstehen, wenn man eine abstrakte Vorstellung eines Systems mit seiner Realisierung vergleicht. Um in einem Unternehmen ein Ziel zu erreichen, werden vielleicht zunächst Ziele abgesteckt, für die Informationen notwendig sind, die zur Erreichung verarbeitet und/oder in Handlungen überführt werden müssen, wodurch wieder neue Informationen erzeugt werden. Die einzelnen Elemente dieses Systems müssen dann durch menschliche oder technische Handlungssysteme mit Leben erfüllt werden, so dass ein soziotechnisches System entsteht (Abb.2).

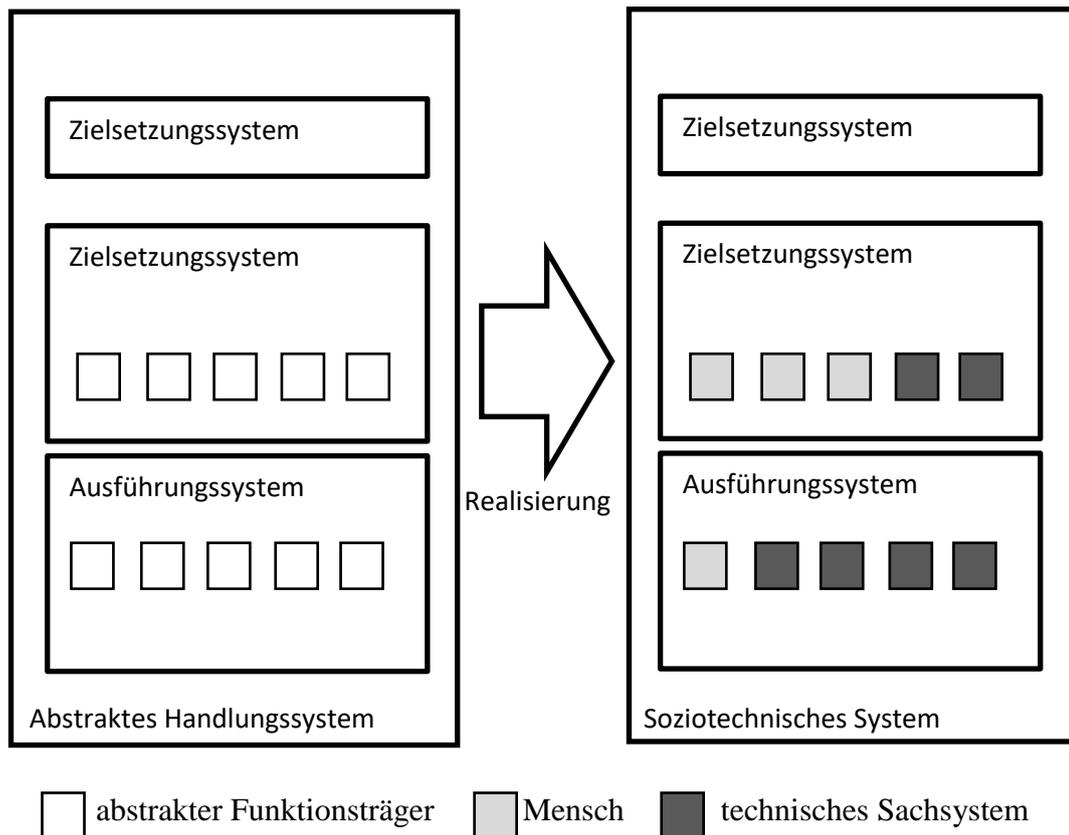


Abb. 2: Soziotechnische Arbeitsteilung nach Ropohl (vgl. 2009, S. 142)

### 2.2.3 Exkurs zur Normalkonfiguration

Eine Besonderheit der Technik ist, dass sie stark von dem geprägt ist, was als „normale“ Konfiguration für ein technisches Artefakt gilt. Diese Normalkonfiguration wurde ausführlich von Walter G. Vincenti in seiner Arbeit zum Ingenieurwissen (vgl. Vincenti 1997) beschrieben und von Georg Mildenerger in seiner Arbeit zum „Wissen und Können im Spiegel gegenwärtiger Technikforschung“ (Mildenerger 2006) weiter ausdifferenziert. Dazu zunächst ein Beispiel: Ein Personenkraftwagen hat normalerweise das den Motor in Fahrtrichtung vorne verbaut. Für den Techniker, der täglich mit solchen umgeht, reicht dabei die Begründung, dass das normalerweise so ist und sich als normalerweise am besten ergeben hat. Natürlich gibt es Ausnahmen, wie Fahrzeuge mit Heck- oder Mittelmotor, aber ihre Seltenheit beweist gleichzeitig auch die Richtigkeit der vorher gemachten Annahme. Denn diese Bauformen sind eben nicht die Normalkonfiguration, sondern Sonderlösungen.

---

Die Normalkonfigurationen sedimentieren sich damit aus „Erfahrungen und Traditionen und verdichten sich zu einer unproblematischen Ansicht darüber, was die richtige, angemessene, beste, grundlegende Gestalt eines Artefakttyps ist“ (Mildenberger 2006, S. 68). Dies bedeutet natürlich nicht, dass es nicht trotzdem mehrere Möglichkeiten gibt, ein technisches Artefakt zu entwickeln. „Eine dieser Möglichkeiten wird jedoch von der Gemeinschaft der Technikschaaffenden als die beste angesehen. Wer in seinem Entwurf von diese Normalkonfiguration abweicht, steht unter starkem Begründungsdruck“ (ebd., S. 56). Als Beispiel kann hier der SMART der Fa. Daimler genannt werden. Bei diesem Modell ist der Motor im Vergleich zur eben beschriebenen Variante unter dem Kofferraum schräg über der Hinterachse montiert. Dies erfuhr zur Zeit der Markteinführung im Jahr 1998 starke Aufmerksamkeit. Gerade das Beispiel Personenkraftwagen zeigt jedoch noch zwei weitere Aspekte der Normalkonfiguration. Zum einen ist die Normalkonfiguration immer nur zeitlich begrenzt gültig (vgl. ebd., S. 73). Im Zuge der Verbreitung des Elektroantriebs könnten sich Normalkonfigurationen in den kommenden Jahren ändern. Zum anderen sind Normalkonfigurationen immer beschränkt auf relativ klar umschriebene Artefaktklassen (vgl. ebd., S. 73). So gibt es keine Normalkonfigurationen, die für alle technischen Artefakte gelten, sondern immer nur für einen Bereich wie eben dem Personenkraftwagen oder für beispielsweise Containerschiffe. Auch, wenn sich solche Normalkonfigurationen auch in anderen Wissensbereichen ausmachen lassen, sind sie doch eine die Technik sehr prägende Eigenschaft, die für das Verständnis der Arbeit grundlegend ist.

## 2.3 Technische Bildung

Zum Umreißen des Feldes der allgemeinen technischen Bildung findet zunächst eine Betrachtung des Bedeutungsspektrums statt. Im Anschluss daran werden Gegenstandsbereiche, Ziele und Inhalte allgemeiner technischer Bildung besprochen. In einer abschließenden Diskussion werden zwei technikdidaktische Überlegungen, zum einen das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis und zum anderen das exemplarische Prinzip mit den vorherigen Erkenntnissen zur allgemeinen technischen Bildung hinsichtlich des technischen Wissens, zusammengeführt.

### 2.3.1 Bedeutungsspektren technische Bildung

Technische Bildung findet in vielen Bereichen statt. Diese sind die berufliche Bildung, die allgemeine Schulbildung, Hochschulbildung oder auch in vielen Formen außerschulischer Bildung oder Weiterbildung. Die verschiedenen Bereiche technischer Bildung haben jeweils unterschiedliche didaktische Konzepte hervorgebracht (vgl. Bonz und Ott 2003, S. 11), die sich relativ unabhängig voneinander entwickelt haben. Dieser Facettenreichtum macht eine Einordnung für die Arbeit notwendig.

Eine Möglichkeit ist die Unterscheidung zwischen beruflicher und allgemeinbildender technischer Bildung. Die berufliche technische Bildung ist eher qualifikationsorientiert und wird durch die technische Qualifizierung im Rahmen der Berufsbildung geprägt (vgl. ebd., S.12). Die allgemeinbildende technische Bildung ist hingegen eher persönlichkeitsorientiert und folgt dem Leitbild einer allgemeinen Bildung (vgl. ebd., S.13). Gemeinsam ist beiden die Vermittlung von Wissen. Dieses ist als Wissen von jemanden über etwas (vgl. Kapitel 2.1.1) zunächst unabhängig davon, zu welchem Zweck es generiert oder weitergegeben wird. Die Untersuchungen innerhalb dieser Arbeit stehen, wie in der Einleitung hervorgehoben, im Kontext der technischen Allgemeinbildung, sodass sich die Frage stellt, was diese ausmacht. Technische Allgemeinbildung zielt auf die Befähigung zur geistigen Bewältigung der technischen Welt ab (vgl. Schmayl 2010, S. 55). In Bezug auf allgemeine Bildung schreibt Schmayl:

„Denn eine allgemeine Bildung vermitteln heißt, in die Kultur einzuführen, ein Weltverständnis anzubahnen und damit Orientierung zu ermöglichen. Das ist heute nur noch unter ausreichender Berücksichtigung der Technik denkbar“ (Schmayl 2010, S. 12).

---

Die Berücksichtigung der Technik in der allgemeinen Bildung zeigt sich beispielhaft im Einfluss der Technik auf alle Bereiche des privaten und beruflichen Lebens (vgl. Zinn 2014, S. 25): Technik beeinflusst sowohl ökonomische, ökologische als auch kulturelle Entscheidungen. Diese Beeinflussung ergibt sich beispielsweise im Bereich der eigenen Gesundheit (durch neue Technologien), auf die Mobilität (Entscheidung über technische Fortbewegungsmittel) oder in der Kommunikation (Änderung der Kommunikationstechnik). Diese Einflüsse verändern Gewohnheiten, Lebensstile und Arbeitsabläufe. Sie sind, wie Bernd Zinn anmerkt, Segen und Bürde. Technik „nimmt unbestritten eine Schlüsselposition für den gesellschaftlichen Wandel ein und bestimmt unser Welt- und Selbstverständnis“ (vgl. Bernd Zinn 2014, S. 25) .

Technische Allgemeinbildung hat dabei verschiedene Bedeutungsspektren (vgl. ebd., S. 27 ff.): Zum Ersten hat sie eine, vor allem in Bezug auf Schule, bildungstheoretische Bedeutung. Schule soll auf ein Leben in der Gesellschaft vorbereiten, weil Technik als Teil der Kultur der modernen Gesellschaft eine wichtige Bedeutung zukommt. Zum Zweiten hat die technische Allgemeinbildung eine wissenschaftstheoretische Bedeutung. Technikwissenschaften in allgemeinbildender Hinsicht bieten, in der Integration verschiedener, sich im Zuge des Erkenntnisfortschritts ohnehin immer weiter verzahnender Wissenschaften, einen eigenen Erkenntnisgewinn. Zum Dritten gibt es eine soziologische Bedeutung: Aus soziologischer Perspektive betrachtet ist die zentrale Bedeutung der technischen Bildung der Erwerb eines generellen Technikverständnisses, das in individuelle Technikmündigkeit und wissenschaftsbasierter Technikemanzipation mündet und so die Wahrnehmung der Technik als einen Einflussfaktor auf die Gesellschaft ermöglicht. Zuletzt zeigt sich eine berufspraktische Bedeutung. Technische Allgemeinbildung stellt in diesem Kontext die Brücke zu technischen (Berufs-) Ausbildungen dar. Die Bedeutung ergibt sich dabei aus der Entwicklung von fachspezifischem Vorwissen. Gerade, weil mittlerweile fast jeder Beruf technische Anteile hat, gilt dieses Bedeutungsspektrum nicht nur für typische technische Berufe. Man beobachtet beispielsweise eine Krankenschwester bei der Arbeit: die Bedienung, Wartung und Überwachung technischer Geräte nimmt große Teile des Aufgabenspektrums ein.

### **2.3.2 Ziele allgemeiner technischer Bildung**

Aus diesen verschiedenen Bedeutungsspektren ergeben sich spezifische Ziele der technischen Bildung, welche sich konkreter auf die Inhalte und auf die Art der Vermittlung

beziehen. In den Standards für eine allgemeine technische Bildung<sup>8</sup> wird als Ziel das konzeptuelle Verständnis von Technik und ihre Bedeutung für die Gesellschaft genannt. Dazu sollen die Grundlagen, auf denen jede Technik aufbaut, wie der technische Konstruktionsprozess, als ingenieurmäßige Zugangsweise zur Lösung technischer Probleme vermittelt werden. Außer des Konstruierens zählen zu den Grundlagen laut dieser Definition Fertigungs-, Wartungs- und Reparaturprozesse sowie die Fähigkeit zur Bewertung der Auswirkungen von Technik (Höpken et al. 2003b).

Eine sehr stark von soziotechnischen Überlegungen geprägte Sichtweise auf die Ziele technischer Bildung beschreiben Hans-Jürgen von Wensierki und Jüte-Sophia Sigeneger in ihrem Konzept für die schulische und außerschulische Kinder- und Jugendbildung (vgl. Wensierski und Sigeneger 2015). Sie machen vier Ziele technischer Bildung aus, die zur Lebensbewältigung in der technischen Zivilisation nötig sind und zur Ausbildung eines technikkulturellen Lebensstils bzw. Habitus beitragen, um der technischen Zivilisation gewachsen zu bleiben und um die technische Zivilisation gestalten und weiterentwickeln zu können. Bildungsziel im ersten Bereich ist es laut Wensierski und Sigeneger, in der Alltagswelt technische Einflüsse sichtbar machen zu können, um die Zusammenhänge zwischen der eigenen Lebenswelt sowie dem gesellschaftlichen Wandel und technischen Produkten und Prozessen zu verstehen. Dies benötigt das zweite Bildungsziel, welches darauf abzielt, Menschen dazu zu befähigen, ein persönliches Verhältnis zu Technik auszuarbeiten, welches auf die Herausbildung eines Orientierungsmusters zur lebenslangen Auseinandersetzung mit den oben genannten Punkten beiträgt. Hierfür spielt auch das dritte Bildungsziel eine Rolle. Es ist die Befähigung zur Ausprägung ethischer Maßstäbe anhand der Reflexion der technischen Zivilisation. Das letzte Bildungsziel ist Eignung zur verantwortungsbewussten Mitgestaltung und Kultivierung der Technik mit Hilfe der Fähigkeit, die technische Welt aktiv mitgestalten zu können.

---

<sup>8</sup> Die Standards sind eine Übersetzung der von der amerikanischen ITEA (International Technology Education Association) herausgegebenen, mittlerweile in der 3. Auflage erschienenen Standards for technological literacy (vgl. ITEA 2007).

Etwas konkreter zusammengefasst könnten diese Bildungsziele als Technikmündigkeit beschrieben werden. Diese wird beispielsweise benötigt, wenn:

„a) alternative technologische Innovationen zur Auswahl stehen, b) bei Systemwechseln von Technologien der Daseinsvorsorge (z.B. Energieversorgung), c) wenn neben individueller Akzeptanz qua Nutzung auch Akzeptabilität bedeutsam ist für die Legitimation der Technologie (Duldung aufgrund gesellschaftlicher Funktionalität trotz individuellen Vorbehalten oder Ablehnung) d) signifikante Chancen und Risiken bestehen sowie e) eigene Betroffenheitslagen anzunehmen sind“ (Pfennig 2014, S. 58).

Technikmündigkeit als Bildungsziel ist somit die Fähigkeit Chancen und Risiken einer technischen Welt zu verstehen und aus diesem Verständnis heraus Entscheidungen treffen zu können.

Speziell für den Technikunterricht beschreibt Schmayl Bildungsziele, die sich auf die zwei Bereiche Objektbereich und Subjektbereich aufteilen lassen und die jeweils drei Zielkomplexe haben (vgl. Tabelle 1).

	OBJEKTBEREICH	SUBJEKTBEREICH
ZIELKOMPLEXE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sachverstand und Sachlichkeit</li> <li>- Sozio-technische Einsicht und Befähigung</li> <li>- Wertbewusstsein und Verantwortungsfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können und Beherrschen</li> <li>- Wissen und Verstehen</li> <li>- Einstellung und Haltung</li> </ul>

Tabelle 1: Bildungsziele des Technikunterrichts nach Schmayl (2010, S. 153)

Unter dem Zielkomplex Sachverstand und Sachlichkeit versteht Schmayl die Fähigkeit, sich ein technisches Objekt mit objektiven Maßstäben vertraut zu machen und so zu erfassen. Dabei soll die Oberfläche der alltäglichen Benutzung durchbrochen und das Objekt bis zu einem gewissen Grad durchschaut werden, um einen verständigen Umgang zu ermöglichen. Die sozio-technische Einsicht und Befähigung beschreibt das Ziel, die sachkenntliche Betrachtung zu überschreiten, um ein technisches Objekt in eine human-soziale Sicht zu integrieren und mit dieser Verknüpfung die eigene technische Handlungsfähigkeit zu bewahren. Der Zielkomplex Wertbewusstsein und Verantwortungsfähigkeit beschreibt das Vermögen, das technische Handeln auf eine Normbasis zu stellen (vgl. Schmayl 2010, S. 155ff.). Im Subjektbereich beschreibt Schmayl als erstes Ziel das Können und Beherrschen: Gemeint ist

dabei die Ausbildung von Fähigkeiten, technische Gegenstände zum Erreichen eines Ziels zweckmäßig zu nutzen. Der Subjektbereich macht dabei deutlich, dass damit tatsächliches, persönliches operatives Können gemeint ist, welches bei der konkreten Nutzung einzusetzen und für die körperliche und sinnliche Erfahrung im Umgang mit Technik notwendig ist. Das zweite Ziel im Subjektbereich ist das Wissen und Verstehen: Ziel ist es, Wissen über die technische Wirklichkeit aufzubauen, welches strukturiert ist und die Grundlage allen technischen Problembewusstseins und Urteilvermögens bildet. Das letzte Ziel ist die Entwicklung einer Einstellung und Haltung zur Technik, die weder überhöhend noch verteufelnd ist, sondern einen nüchternen und abschätzenden Blick ermöglicht (vgl. Schmayl 2010, S. 157ff.).

### **2.3.3 Inhaltsbereiche allgemeiner technischer Bildung**

Doch welche konkreten Inhalte sind an die Bedeutungsspektren und Ziele geknüpft? Für die institutionalisierte Bildung in Schulen gibt es je nach Bundesland in Deutschland verschiedene Fächer, in denen ein allgemeinbildender Technikunterricht angeboten wird.<sup>9</sup> Da es keine einheitlichen Grundlagen gibt, stellt sich die Frage, welche Aspekte grundsätzlich eine Rolle spielen. In einer guten Zusammenfassung beschreibt Bernd Zinn (vgl. 2014) die Inhalte der (schulischen) technischen Allgemeinbildung anhand verschiedener Beispiele, die hier auch zur Erklärung aufgegriffen werden. Die Beispiele Zinns kommen dabei aus der Forschung, wie die Delphi-Studie von Ammeret Rossouv, Michael Hacker und Marc J. de Vries (vgl. Rossouv et al. 2011) zur Entwicklung von Zielsetzungen für die allgemeine technische Bildung, aus Einlassungen verschiedener Interessengruppen, wie beispielsweise die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss des VDI (vgl. Fislake und Reich 2007) oder aus den von der ITEA herausgegebenen Standards für eine allgemeine technische Bildung (Höpken et al. 2003a). Rossouv, Hacker und de Vries befragten in der Studie „Concepts and contexts in engineering and technology education: an intern

---

<sup>9</sup> Die Fokussierung auf den schulischen Bereich bei der Analyse der Inhalte technischer Allgemeinbildung findet aus zwei Gründen statt: Zum einen, weil die empirischen Untersuchungen innerhalb der Arbeit in der Schule stattfinden und zum anderen, weil die Inhaltsdiskussion vornehmlich auf schulische Bildung bezogen stattfindet.

tional and interdisciplinary Delphi Study“ Experten aus den Disziplinen Technikgeschichte, Technikphilosophie, Technikdidaktik und Ingenieurpädagogik zur technischen Allgemeinbildung.

Durch Kategorisieren der aus den Interviews gefilterten Begriffe entwickelten die Forscher fünf Hauptkonzepte technischer Bildung (vgl. Rossouv et al. 2011, S. 412):

Main concept	Sub-concepts
Designing ('design as a verb')	Optimising, Trade-offs, Specifications, Invention, Product lifecycle
Systems	Artefacts ('design as a noun'), Structure, Function
Modelling	-
Resources	Materials, Energy, Information
Values	Sustainability, Innovation, Risk/failure, Social interaction, Technology, assessment

Tabelle 2: Hauptkonzepte technischer Bildung nach Rossouv, Hacker und de Vries (2011).

Außerdem ermittelten sie neun Kontexte im Bereich der technischen Allgemeinbildung (vgl. Rossouv et al. 2011, S. 421):

Shelter ('construction')	Artefacts for practical purposes ('production'/'manufacturing')	Mobility ('transportation')
Communication	Health ('biomedical technologies')	Food
Water	Energy	Safety

Tabelle 3: Kontextbereich technischer Bildung nach Rossouv, Hacker und de Vries (2011).

Den Hauptkonzepten sind zum Teil auch Unterkonzepte zugeordnet, die die Felder noch weiter präzisieren. Die Autoren sehen diese konzeptuellen und kontextuellen Inhalte als Basis für eine Entwicklung von Curricula für die technische Bildung und nicht als Lehrinhalt selbst. Vielmehr sollen Lernende durch Beispiele aus verschiedenen Konzepten in verschiedenen Kontexten und durch gezielte Unterstützung allgemeine Zusammenhänge verstehen: „The idea is that by teaching concepts in a variety of contexts gradually the learner will start to recognize the more generic nature of the concepts and be able to apply it in new contexts“ (Rossouv et al. 2011, S. 423).

Auch die bereits in Bezug auf Ziele genannte ITEA beschreibt in den Standards allgemeiner technischer Bildung verschiedene Inhaltsbereiche (Höpken et al. 2003b), welche in Abbildung 6 zu sehen sind. Erstmals um die Jahrtausendwende veröffentlicht, wird darin ein umfassendes Bildungsprogramm von der Vorschule bis zur Sekundarstufe II beschrieben (vgl. Zinn 2014, S. 32).

Verständnis für das Wesen der Technik
Das Wesen und die Reichweite von Technik / Die Grundbegriffe der Technik / Die Wechselbeziehungen zwischen unterschiedlichen Technologien und die Verbindungen zwischen Technik und anderen Lernbereichen
Verständnis für den Zusammenhang von Technik und Gesellschaft
Kulturelle, soziale, ökonomische und politische Auswirkungen von Technik / Die Auswirkungen von Technik auf die Umwelt / Die Rolle der Gesellschaft bei der Entwicklung und Nutzung von Technik / Die Auswirkungen von Technik auf die Geschichte
Verständnis für Entwurf und Konstruktion
Die Besonderheiten des Konstruktionsprozesses / Technische Konstruktionen / Die Bedeutung von Fehlersuche, von Forschung und Entwicklung, Erfindung und Innovation und von Experimenten bei der Lösung von Problemen
Vorbereitung auf die technische Welt
Den Konstruktionsprozess anwenden. / Technische Produkte und Systeme nutzen und warten. / Die Auswirkungen der Technik bewerten.
Verständnis für die technische Welt
Medizintechnik / Agrar- und Biotechnologie / Energietechnik / Informations- und Kommunikationstechnik, Produktionstechnik / Bautechnik

Tabelle 4: Inhalte technischer Bildung in den ITEA-Standards (Höpken et al. 2003b)

Ein drittes Beispiel für die konkreten Inhalte technischer Bildung wird in den Bildungsstandards für eine allgemeine technische Bildung des VDI beschrieben. Diese sind im Zuge der Diskussion um die PISA-Ergebnisse entstanden und wurden als Vorschlag zur Ergänzung für die bereits bestehenden nationalen Bildungsstandards in anderen Fächern entwickelt.

Die Inhalte werden in fünf Kompetenzbereichen beschrieben (vgl. VDI 2007, S. 8):

Kompetenzbereiche im Fach Technik	
Technik verstehen	Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
Technik konstruieren und herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen
Technik bewerten	Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen

Tabelle 5: VDI Bildungsstandards Technik (vgl. 2007).

Die VDI-Bildungsstandards orientieren sich im Aufbau an den Bildungsstandards in naturwissenschaftlichen Bereichen und haben einen direkten lebensweltlichen Bezug (vgl. Zinn 2014, S. 35). Sie sind für den mittleren Schulabschluss entwickelt. Zusätzlich zu den Kompetenzen beschreibt der VDI auch inhaltliche Handlungsfelder für die technische Bildung: Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Transport und Verkehr, Versorgung und Entsorgung, Information und Kommunikation sowie Haushalt und Freizeit.

#### **2.3.4 Technikdidaktik und abschließende Diskussion**

Nach Begriffsdefinition, Beschreibung des Bedeutungsspektrums, der Ziele sowie der konkreten Inhalte allgemeiner technischer Bildung stellt sich für ein Gesamtbild noch die Frage nach den didaktischen Grundlagen allgemeiner technischer Bildung. Da die Arbeit dazu dient, technisches Wissen aus einer Bildungsperspektive zu untersuchen, spielt die Didaktik des Technik Unterrichts in seiner Methodenvielfalt weniger eine Rolle als die allgemeine Betrachtung der Wissensentwicklung. Trotzdem sind zwei Punkte bedeutsam, die der technischen Bildung eigen sind: zum einen das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis und zum anderen die Beispielhaftigkeit.

Wissen hat implizite und explizite Bereiche und das gilt, wie schon in Kapitel 2.1.5 in Ansätzen ausgearbeitet, besonders für Technik. Diese Anteile finden sich dementsprechend auch in den eher anwendungsorientierten Inhalten allgemeiner technischer Bildung, wie sie im vorherigen Abschnitt dargestellt wurden. Beispiele sind „Designing“ bei Rossou et.al., „Technische Produkte und Systeme nutzen und warten“ in den ITEA-Standards oder Bereich „Technik konstruieren und herstellen“ in den VDI-Bildungsstandards. Um diese Inhalte zu erlernen, ist es, wegen ihrer nur begrenzt explizit zu machenden Wissensanteile, notwendig, praktisch zu üben. Praxis wird dabei für die technische Bildung mit Schmayl definiert als „konkretes absichtsvolles Tun“ (Schmayl 2010, S. 101). Dementsprechend gehören zur Praxis „[...] solche Vollzüge, die direkt oder indirekt Technisches bewirken sollen. Praxis kann unter diesem Blickwinkel die handwerklich, experimentelle Arbeit der Schüler sein, die auf diesem Wege Technik lernen“ (ebd., S. 101). Theorie ist im Gegensatz dazu als „ein empirisch gehaltvoller Entwurf von Wirklichkeit, den sich Menschen ausgedacht haben, um die Welt zu deuten, um empirischen Gesetzmäßigkeiten nachzuspüren und um neue Handlungsperspektiven zu entwickeln“ (Jank und Meyer 1991, S. 245) zu sehen. Dieser Entwurf der Wirklichkeit lässt sich verbal, bildhaft oder symbolisch ausdrücken. Die Grenzen zwischen diesen Bereichen sind fließend. Wichtig ist aber, dass technische Bildung durch theoretische und praktische Beschäftigung mit Technik stattfindet, was sich z.B. auch in konkreten Praxisbüchern zum Unterrichten mit verschiedenen Unterrichtsverfahren zeigt (vgl. z.B. Hüttner 2005).

Ein zweiter Punkt ist die Beispielhaftigkeit technischer Bildung. Diese ergibt sich aus dem Gegenstandsbereich der Technik, der sich stetig weiterentwickelt. Auch wenn inhaltliche Bereiche wie die Konstruktion von technischen Artefakten natürlich insofern beständig sind, als dass nicht plötzlich sämtliche technische Artefakte verschwunden sind. Aber welche Artefakte zu konstruieren sind, ändert sich mit der technischen Entwicklung und der gesellschaftlichen Relevanz dieser. Dementsprechend schreibt Schmayl in Bezug auf den Technikunterricht, dass dieser dem exemplarischen Prinzip folgt und durch die Auswahl und Gestaltung von Beispielen bestimmt ist.

---

Er beruft sich dabei auf Hans Scheuerl (vgl. 2017, S. 81ff.), der das exemplarisch unter anderem wie folgt begründet:

„Die exemplarische Repräsentation läßt aktuell Abwesendes potentiell anwesend sein. Sie entlastet damit den Lehrgang, indem sie seine Stoffmengen beschränkt, bereichert ihn aber zugleich durch ein potentielles Beziehungsgefüge von fortsetzbaren Linien, Parallelen und Analogien.“ (Scheuerl 2017, S. 82).

Sodass Schmayl anmerkt, dass ein exemplarisches Thema nicht sich selbst genügen darf, sondern durch einen weiterführenden Zusammenhang repräsentativ für einen allgemeinen Sachverhalt sein soll. Ein exemplarisches Thema sollte die vorgeordnete Wissensstruktur repräsentieren und deren abstrakten logischen Strukturen entsprechen (vgl. Schmayl 2010, S. 176f.). Diese Vorgehensweise wird nicht nur in der technischen Bildung diskutiert. In der Physikdidaktik gilt das exemplarische Prinzip, maßgeblich von Martin Wagenschein (vgl. z.B. Wagenschein 1956, S. 129-153) geprägt, als wichtiges Unterrichtskonzept. Hierzu wird beispielsweise in einem aktuellen physikdidaktischen Buch empfohlen, Themen zu wählen, aus denen sich typische physikalische Strukturen, Arbeits- und Verfahrensweisen und repräsentative Erkenntnismethoden exemplarisch gewinnen lassen (vgl. Kircher et al. 2015, S. 162).

Generell bedeutet Bildung, wie Ropohl in Bezug auf die Technikdidaktik schreibt: „[...]die Integration des relevanten Wissens zu einem ganzheitlichen Weltverständnis“ (Ropohl in Bonz und Ott 2003, S. 199). Dieses Weltverständnis in Bezug auf Technik wurde in diesem Kapitel als die geistige Bewältigung der Technik herausgearbeitet, dessen Notwendigkeit sich aus dem Einfluss der Technik auf mittlerweile alle Lebensbereiche des Menschen ergibt. Interessant in Bezug auf das technische Wissen sind die, in diesem Kapitel herausgearbeiteten inhaltlichen Aspekte der technischen Allgemeinbildung, machen diese doch das aus, was gewusst werden soll. Wie in Kapitel 2.1.1 ausgearbeitet, hat jemand Wissen *von etwas über etwas*. Dieses Wissen wandelt sich im Zuge der Bildung in Tiefe und Zusammenhang (vgl. Kapitel 2.1.4). Das *von etwas* lässt sich in den vorgestellten Zielen technischer Allgemeinbildung abstrakt mit Schmayl als Befähigung zum nicht nur oberflächlichen Erfassen technischer Objekte, als Befähigung zur Bewertung technischer Objekte aus humansozialer Sicht oder als Befähigung zur Nutzung technischer Objekte zum Erreichen eines Ziels beschreiben. Schaut man auf die Inhalte, welche für die allgemeine technische Bildung vorgeschlagen werden, zeigt sich ein nur geringfügig konkreteres und

sehr heterogenes Bild. Als wichtige Inhalte werden die Konstruktion von Technik, das Begreifen von Struktur und Funktion technischer Objekte, das Bewerten von Technologien im Sinne z.B. der Nachhaltigkeit oder das Fertigen technischer Objekte genannt. Mit diesen Inhalten wird deutlich, dass das dafür notwendige Wissen sowohl für einen praktischen als auch für einen theoretischen Umgang benötigt wird. Problematisch für eine Bestimmung, was dabei das konkrete Wissen ist, welches vermittelt werden soll. Schon die Bedeutungsspektren und die Unendlichkeit technischer Einflüsse und Objekte zeigt, dass diese mit dementsprechend vielen Wissensinhalten gefüllt werden können. Am einfachsten erscheint dabei noch das Konstruieren im Sinne des Zeichnens. Auch wenn es einige verschiedene Arten von Zeichnungen (z.B. Schaltzeichnungen oder Bauzeichnungen) gibt, lässt sich das Zeichnen als Sprache der Technik gut universell formalisieren und damit von einem Objekt emanzipiert betrachten. Schwierig erscheint diese Emanzipierung vom Objekt jedoch bei anderen technischen Wissensinhalten, weshalb Schmayl als Lösung des Problems darauf hinweist, dass technische Allgemeinbildung am Beispiel erfolgen muss, welches exemplarisch die vorgeordnete Wissensstruktur repräsentiert. Für diese Arbeit bildet die von Schmayl beschriebene vorgeordnete Wissensstruktur, als vom Inhalt unabhängige allgemeine Struktur des technischen Wissens, das verbindende Element für die Beschäftigung mit den Kategorien technischen Wissen im Hinblick auf allgemeine technische Bildung.

---

### 3 Technisches Wissen in der Technikphilosophie

Im folgenden Kapitel werden einige technikphilosophische Betrachtungen technischen Wissens diskutiert, um das technische Wissen weiter zu definieren und Ansätze für die Kategorienerstellung zu analysieren. Zunächst werden dafür einige innere Zusammenhänge technischen Wissens beschrieben, was mit diesbezüglichen Überlegungen Sandro Gayckens geschieht. Zur Entwicklung eines Kategoriensystems von technischem Wissen für die technische Bildung ist es unabdingbar, eine Analyse bereits bestehender Kategoriensysteme vorzunehmen, da bis jetzt vor allem Technikphilosophen versucht haben, Kategorien technischen Wissens zu entwickeln. Die Erkenntnisse aus dieser Analyse wurden, mit Ausnahme der Besprechung der Theorien von Walter G. Vincenti und Winfried Schmayl in 3.2.4 und 3.2.5, in ähnlicher Form schon veröffentlicht (vgl. Röben und Wiemer, 2015). Ohne die teilweise Wiederholung ist diese Arbeit nicht vollständig, da auf diese Erkenntnisse immer wieder zurückgegriffen werden muss. Die letzte Betrachtung des technischen Wissens in diesem Kapitel erfolgt anhand der Frage nach der Eigenständigkeit technischen Wissens. In diesem Kontext wird erläutert, wo der Unterschied zwischen technischem und naturwissenschaftlichem Wissen liegt und was dieser Unterschied für das technische Wissen bedeutet.

#### 3.1 Handlungsanleitung und Wahrheit

In Kapitel 2.2.1 wurde der mittlere Technikbegriff als Definition von Technik für diese Arbeit übernommen. Mit dieser Definition wurde so der äußere Rahmen der Technik für die Beschäftigung mit technischem Wissen bestimmt. Mit Hilfe der Definition von technischem Wissen als handlungsanleitendem Wissen, wie sie von Gaycken im Rahmen seiner Dissertation gemacht wurde, soll in den folgenden Kapiteln mit den Strategien der Komplexitätsreduzierung und den charakteristischen Kriterien technischen Wissens sowie einer Wahrheitsdefinition ein Bild von den inneren Zusammenhängen des Wissens über Technik aufgezeigt werden.

##### 3.1.1 Technisches Wissen als handlungsanleitendes Wissen

In seiner Dissertation beschreibt Gaycken technisches Wissen als handlungsanleitendes Wissen (Gaycken 2010). Er betrachtet dabei das technische Wissen auf einer

wissenschaftsphilosophischen Ebene und unterscheidet bei dieser Betrachtungsweise zwischen einer Makro- und einer Mikroebene. Als Makroebene gilt ihm dabei eine Betrachtung auf kultureller Ebene. Als Mikroebene fungiert die Betrachtung einzelner gedanklicher Prozesse (vgl. Gaycken 2010, S. 57f.). Explizit auf dieser Mikroebene entwickelt Gaycken eine Theorie des technischen Wissens als das Wissen, das für die gedanklichen Prozesse bei der Interaktion mit Technik notwendig ist. Dieses Wissen wird von Gaycken als handlungsanleitendes Wissen bezeichnet. Dazu schreibt er zur Begründung: „Die Anleitung des praktischen Umgangs mit Technik ist für die weite Mehrzahl aller Vorkommen technischen Wissens Sinn und Zweck des Wissens“ (ebd., S. 81). Gleichzeitig entsteht so auch eine erste Wahrheitsbedingung, auf die im folgenden Kapitel noch näher eingegangen wird: Technisches Wissen muss richtig verstanden und dann richtig eingesetzt werden, um wahr zu sein. Die Schwierigkeit der Betrachtung des technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen ist, dass man „das ‚richtigste‘ Wissen in der ‚richtigsten‘ Folge anbringen muss“ (ebd., S. 85). Um Wissen erfolgreich zum Handeln einsetzen zu können, muss es in einem kognitiven Prozess gefiltert und sortiert werden. Denn bei weitem nicht alles technische Wissen, über z.B. den inneren Aufbau einer Kaffeemaschine und die technischen Eigenschaften, der für den Bau der Maschine genutzten Materialien, ist notwendig, um sich erfolgreich einen Kaffee brühen zu können. Folgt man der Beschreibung technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen, werden also Strategien zur Limitierung von Komplexität benötigt, um aus den vielen Informationen technisches Wissen zu machen. Das gilt nicht nur für das technische Wissen. Kognitionspsychologisch unbestritten ist, dass das Arbeitsgedächtnis (vgl. Kapitel 2.1.3) sieben ( $\pm 2$ ) Chunks behalten kann. Gaycken konstruiert mehrere Strategien zur Lösung des kognitiven Problems, das technische Wissen so zu verarbeiten, dass es technisch ist, also eine funktionale Lösung für ein technisches Problem bietet. Den Strategien zum handlungsanleitenden Denken ist gemein, dass sie nicht darauf zielen, komplexe Sachverhalte besser zu verstehen: es geht immer darum Komplexität zu reduzieren.

Eine erste Strategie zur Reduzierung der Komplexität ist für Gaycken die Relevanzhierarchisierung. Dazu ist es wichtig, zunächst das (technische) Problem zu lokalisieren. Durch die Relevanzhierarchisierung wird dann die Menge der möglichen notwendigen Handlungsinhalte auf die für die Aufgabe relevanten eingrenzt und die

---

Reihenfolge der Inhalte als Hierarchie standardisiert (vgl. Gaycken 2010, S. 96ff.). Ein Beispiel kann das verdeutlichen: Ein Fahrrad könnte kaputt sein, weil ein Reifen platt ist, der deshalb geflickt werden muss. Des Weiteren werden für die Handlung wichtige Handlungsabfolgen bestimmt. Beim Schlauch flicken müsste zunächst die Decke von der Felge gezogen, der Schlauch ausgebaut und in einem Wassereimer nach dem Loch gesucht werden, um dieses anschließend mit dem Flickzeug zu flicken. Die dazu notwendigen Schritte lassen sich in verschiedenen Dimensionen, wie beispielsweise den Arbeitsschritten oder den erwarteten Folgen des Arbeitens, sinnvoll hierarchisieren. Die Komplexitätslimitierung ergibt sich dabei aus der standardisierten hierarchischen Bearbeitung der Schritte und den hierarchischen erwarteten Folgen selbiger, bei der unwichtige Handlungen oder Wissensinhalte nicht berücksichtigt werden. Beim Arbeitsschritt „Loch im Fahrradschlauch unter Wasser suchen (durch aufsteigende Bläschen)“ beispielsweise ist klar, dass er erst erfolgt, wenn der Schlauch aus der Decke entfernt wurde. Das Ergebnis dieses Schrittes ist, dass irgendwann Bläschen auftauchen.

Reicht eine Relevanzhierarchisierung nicht aus, um die Komplexität sinnvoll zu verringern, z.B. weil auf einer Ebene immer noch zu viele Handlungen zur Erreichung des Ziels notwendig sind, ist eine weitere Strategie nach Gaycken die Systemkausalisierung (vgl. Gaycken 2010, S. 99 f.): Handlungen, die in einem kausalen Zusammenhang stehen, können zu Systemen zusammengefasst werden und von einem Rest „akausalen“ Verhaltens getrennt werden. Bleibt man beim Beispiel Schlauch flicken und bei der Handlung der Suche nach dem Loch, wäre das Aufsteigen von Luftbläschen in einem Eimer bei der Suche nach dem Loch im Schlauch kausal, das plötzliche Platzen des Schlauchs Teil eines kaum anzunehmenden Rests der möglichen Ereignisse.

Gaycken beschreibt außer dieser zwei Strategien zur Komplexitätsreduzierung einige Hilfsstrategien (vgl. ebd., S. 100 ff.). Eine erste ist die Implizierung. Gemeint ist damit die Verlagerung technischen Handlungswissens in unbewusste Abläufe, die automatisch ablaufen können<sup>10</sup>. Eine weitere Hilfsstrategie ist die Normalisierung: Die

---

<sup>10</sup> Die Automatisierung versteht sich hier als Verlagerung in implizite Vorgänge wie in Kapitel 2.1.3 und 3.5 beschrieben.

technische Umwelt ist von Normen und Regeln geprägt, die als Umgebungsparameter nicht ständig hinterfragt werden müssen. Sehr komplexe technische Handlungen können nicht unbedingt durch den Ausschluss selten vorkommender Ausnahmen oder durch die Hierarchisierung der Handlungen von ihrer Komplexität befreit werden. Durch eine Modularisierung können solche Zusammenhänge in viele nicht komplexe Handlungen aufgespalten und somit vereinfacht werden. Eine letzte Strategie, die Gaycken beschreibt, ist die Externalisierung. Durch Übertragen von zu komplexen Handlungen an ein anderes System - vornehmlich einen Computer - kann auch eine Reduzierung von Komplexität für den Handelnden erreicht werden.

Den von Gaycken beschriebenen Strategien zur Vermeidung von Komplexität beim technischen Wissen als Handlungsanleitung soll an dieser Stelle noch ein mögliches weiteres Konzept hinzugefügt werden, welches typisch für das technische Wissen ist: die Akzeptanz des Unbekannten. Sieht man das handlungsanleitende Denken als kognitiven Prozess für alles Wissen, das man hat, sind die Strategien richtig. Dass das Wissen über beispielsweise einen Freund weder in die Hierarchie der Abläufe des Kaffeekochens noch in die kausalen Zusammenhänge bei dieser Tätigkeit gehört, ist unbestritten. Denkt man diese Strategien jedoch aus rein technischer Perspektive, muss zunächst einmal genug Wissen vorhanden sein, um stark von den normalen Handlungen mit ihren normalen Hierarchien und ihren normalen kausalen Zusammenhängen kognitiv abweichen zu können. Dies mag für einen Ingenieur oder einen Facharbeiter in seinem jeweiligen Wissensgebiet der Fall sein, aber für beide Berufsgruppen als auch für den mehr oder weniger interessierten Laien gibt es eine Akzeptanz des Unbekannten. Wenn technisches Wissen als handlungsanleitendes Wissen einen Zweck, also eine Funktion erfüllen soll, so ist nur so viel Wissen notwendig, wie für die Funktion benötigt wird.

Außer der aufgezeigten Strategien zur Komplexitätsreduzierung, die den Umgang mit technischem Wissen beschreiben, definiert Gaycken im Rahmen seiner Theorie des technischen Wissens vier charakteristische Kriterien, die allem technischen Wissen eigen sind und es definieren: Funktionalität, Zuverlässigkeit, Effizienz, Wahrheit und Umgang mit Unsicherheit. Die Wahrheitsbedingung ist gleichzeitig eine Möglichkeit, das in Kapitel 2.1.5 angesprochene Problem des technischen Wissens mit

---

den verschiedenen Definitionen von Wissen und Wahrheit zu lösen und wird im anschließenden Kapitel noch näher beschrieben. Die anderen drei Merkmale werden wie folgt definiert:

Die Funktionalität des technischen Wissens ergibt sich nach Gaycken (vgl. 2010, S. 105ff.) aus zwei Schritten in der Generierung. Der erste besteht daraus, ein technisches Problem als solches zu analysieren, sodass ein Ist- und ein Soll-Zustand und die sich dazwischen ergebende Diskrepanz wahrgenommen wird, welche mit dem vorhandenen Wissen abgeglichen werden kann. Der zweite Schritt ist dann, das eigene Wissen in der Interaktion mit Technik iterativ so zu verändern, dass ein Handlungsmodell entsteht, welches in der Anwendung auf die funktionalen Verknüpfungen von Soll- und Ist-Zustand diese annähert:

„Ein situativ geformtes technisches Wissen ist funktional, wenn es die relevanten Umgebungsparameter erfasst, diese für die Situation spezifiziert und folgend an ihnen fortlaufend aktualisierend durch Vergleich von Idealität und Realität ein kohärentes hierarchisches Handlungsmodell entwirft“ (Gaycken 2010, S. 109).

Wobei Gaycken einschränkend anmerkt, dass diese Funktionalität graduelle Unterschiede haben kann: Es gibt nicht immer nur ein funktionales (und damit wahres) technisches Wissen über einen Sachverhalt, sondern verschiedene. Dieses technische Wissen kann also graduell besser oder schlechter sein, weshalb laut Gaycken eine weitere Bedingung notwendig ist, nämlich die Zuverlässigkeit (vgl. ebd., S. 119). Nimmt man das technische Wissen als funktionales Wissen, kann mit diesem eine Funktion erfüllt werden (z.B. eine Handlung anleiten). Dies kann aber ggf. auch in einer kaum zu wiederholenden oder explizierbaren Weise geschehen. Deshalb sagt die zweite Bedingung, dass technisches Wissen zuverlässig ist, wenn das Ergebnis bei korrekter Befolgung des Wissens richtig ist und sich dieser Erfolg reproduzieren lässt (vgl. ebd., S. 111)<sup>11</sup>. Zuverlässigkeit baut so auf der Bedingung der Funktionalität auf. Nur etwas, das überhaupt funktioniert, kann auch zuverlässig sein. Gleichzeitig ist Zuverlässigkeit eine empirische Relation. Zuverlässigkeit ist in der Technik

---

<sup>11</sup> Der Einwand, dass damit implizites technisches Wissen ausgeschlossen wird, kann durch den Hinweis entkräftet werden, dass sich implizites Wissen in der Erklärung wie jemand dazu gekommen ist, mit der Aussage: „Ich habe so und so geübt.“ explizieren, wodurch es wiederholbar wird.

die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Erfolg reproduzieren lässt. Welche Wahrscheinlichkeit noch als zuverlässig bezeichnet wird, ist dabei laut Gaycken eine pragmatische Entscheidung des Zuschreibers.

Eine weitere Bedingung technischen Wissen ist Effizienz: Technisches Wissen ist effizient, wenn es mit möglichst geringem kognitiven und physischen Aufwand zuverlässig funktioniert (vgl. Gaycken 2010., S. 113 f.). Dies ist laut Gaycken nicht nur der Bequemlichkeit zuzuschreiben: „Ein Gebrauch ist umso besser und risikofreier zu vollziehen, je quantitativ und kausal einfacher und klarer das innere Modell des Gebrauchs ist.“ (Gaycken 2010, S. 114). Zu dieser denkökonomischen Betrachtung kommt noch die allgemeine ökonomische Betrachtung des Handelns in einer durch begrenzte Ressourcen bestimmten Welt.

### **3.1.2 Technisches Wissen und Wahrheit**

Schon in Kapitel 2.1 wurde die Frage aufgegriffen, wie sich das technische Wissen mit der Wahrheitsdefinition der Epistemologie verträgt. Eine Antwort wurde auch schon gegeben: Die Definition von „justified true belief“ scheint zumindest problematisch. Warum das so ist und welche anderen Definitionen eher geeignet scheinen, soll an dieser Stelle beschrieben werden.

Zunächst haben schon einige Autoren angemerkt, dass technische Sachverhalte oft nicht einer strengen Wahrheitsdefinition entsprechen und daher andere Lösungen zu suchen sind. Marc de Vries (vgl. Vries 2016, S. 25f.) zeigt das an zwei Beispielen auf. Zum einen nutzt er ein Beispiel von implizitem Wissen. Ein Zimmerer weiß einen Nagel einzuschlagen. Ein typisches implizites technisches Wissen oder Können. Der Zimmerer könnte aber wahrscheinlich sein Wissen nur mit dem Tun beweisen, nicht mit einer hinreichenden Erklärung. Ein anderes Beispiel ist die in Kapitel 2.2.3 beschriebene Normalkonfiguration, die z.B. auch in den fundamentalen Designkriterien bei Vincenti (vgl. Kapitel 3.2.4) zum Tragen kommt. Auch für die Normalkonfiguration gibt es nicht unbedingt einen strengen empirischen Beweis, sondern eher einen lebensweltlichen, weil sich solches Wissen aus Erfahrungen sedimentiert und auch in Bezug auf die Haltbarkeit sehr dynamisch ist. Auch zu möglichen Lösungen des Problems des fehlenden Wahrheitsbeweises beschreibt de Vries zwei interessante Punkte: Im Hinblick auf technische Artefakte kann Brauchbarkeit

---

eine ähnliche Funktion haben (vgl. Vries 2003, S. 2). Wissen über ein Objekt wäre dann wahr, wenn das Objekt seinen Zweck hinreichend erfüllt oder wenn das Wissen (gerade hinsichtlich der Normalkonfiguration) in der technischen Welt akzeptiert ist (vgl. Vries 2016, S. 27).

Eine weitere Idee zur Wahrheitsdefinition hinsichtlich des technischen Wissens macht Davis Baird in seiner Analyse „Thing Knowledge – Function and Truth“ (2002). Er schlägt Funktion als Wahrheitsbedingung für technisches Wissen vor. Wahr ist ein technisches Artefakt oder System, wenn es funktioniert. Weiter schreibt Baird zur Funktion im Vergleich zur Wahrheit:

„Both scientific truth and engineered function connect human thought with the world. Truths connect how the world is with how we think it is. Functions connect how an artifact behaves with how we want it to behave“ (Baird 2002, S. 5).

Die beiden aufgezeigten Ideen eint allerdings, dass sie nicht weiter ausgearbeitet sind. Gaycken hat dies getan und eine angepasste Wahrheitsdefinition entwickelt, indem er die Ideen verknüpft. Gaycken (vgl. 2010, S.119f.) teilt die Einschätzung, dass das Kriterium „exakte Wahrheit“ für die Technik dem Kriterium der Funktionalität untergeordnet wird. Für technisches Handeln wird so aus dem wahren gerechtfertigten Glauben zuverlässiger effizienter Glaube. Dazu schreibt Gaycken etwas humorvoll: „Das Hintergrundwissen über den Kaffeeautomaten muss nicht wahr sein, solange Kaffee rauskommt und niemand dabei umkommt“ (vgl. 2010, S.120). Trotzdem soll das Wissen in Bezug auf die Handlung zum richtigen Ergebnis kommen (Zuverlässigkeit) und nicht beliebig komplizierte Lösungen als Wissen bezeichnen (Effizienz). Ohne diese Bedingungen wäre jede zufällig zum richtigen Ergebnis führende angewendete Information dem technischen Wissen zuzuordnen. Technisches Wissen, schreibt auch Walter Ch. Zimmerli, hat seine eigene Optimierungsstruktur durch die gegenseitige Erweiterung von Wissen und Können (vgl. Zimmerli 2010, S. 125) in der Anwendung. Somit lautet die Wahrheitsdefinition für handlungsanleitendes (technisches) Wissen nach Gaycken:

„Handlungsanleitend genutztes (technisches) Wissen ist im Hinblick auf die Ermöglichung einer (soziotechnischen) Handlung zuverlässiger effizienter Glaube“ (Gaycken 2010, S. 120).

Diese Definition kann nun beispielsweise auf das Wissen des Zimmerers über das Einschlagen eines Nagels bezogen werden. Es ist zuverlässig, weil es mit dem gleichen Ergebnis beliebig oft wiederholt werden kann, und es ist effizient, weil es unter gleichbleibenden Bedingungen keine bessere Möglichkeit gibt, den Nagel einzuschlagen. Gleiches gilt für das Beispiel mit dem Automobil aus Kapitel 2.2.3. Das Wissen über den Aufbau eines PKWs ist zuverlässig, weil es in den meisten Fällen stimmt, und effizient, weil andere Konfigurationen wegen ihrer Abwegigkeit (zunächst) nicht in das Wissen eingeschlossen werden. Auch das Beispiel aus Kapitel 2.1.1. mit der Formel für die Höhe des Längsträgers beim Schiff passt zu dieser Definition. Das Wissen ist zuverlässig, weil Schiffe in der mit einem mit der Formel berechneten Doppelboden halten, und effizient, weil die Dimensionierung so sehr schnell möglich ist. Natürlich kann technisches Wissen irgendwann überholt sein (wie vielleicht in den nächsten Jahren im Bereich des PKW-Antriebs) und die Definition nicht mehr gelten. Diese Wandlung kann sich aber auch bei jeder anderen Art von Wissen durch neue Forschungsergebnisse und Entdeckungen ergeben, sodass dies kein Grund zur Ablehnung der Hypothese sein kann.

Die Definition von Gaycken erlaubt so eine gute Einschätzung des technischen Wissens von mit Technik umgehenden Personen. Kommt eine Person beim Interagieren mit Technik zunächst zu einem funktional richtigen Ergebnis und führt das auf sein technisches Wissen zurück, kann eine Überprüfung der Effizienz und der Zuverlässigkeit zeigen, ob diese Einschätzung richtig ist oder nicht. Beispielhaft kann hier ein Fehler in der drahtlosen Internetverbindung angenommen werden. Es mag zunächst funktional sein, den Computer mit dem Problem neu zu starten und damit das Problem vielleicht zu lösen. Da dies jedoch höchstwahrscheinlich nicht immer funktioniert, ist es nicht zuverlässig. Und da vielleicht eine einfache Einstellungsänderung im Menü der Drahtlosverbindung das Problem dauerhaft lösen könnte, auch nicht effizient. Es zeigt sich, dass die Ausführungen Gayckens eine gute Möglichkeit bieten, technisches Wissen als wahr oder falsch zu identifizieren und Beliebigkeit zu vermeiden. Daher wird die Wahrheitsdefinition des technischen Wissens als zuverlässiger, effizienter Glaube als weitere Grundlage übernommen.

---

## 3.2 Kategorien technischen Wissens

Im folgenden Kapitel werden einige Kategoriensysteme technischen Wissens vorgestellt und in einer abschließenden Diskussion gegenübergestellt. Diese Diskussion stellt die theoretische Grundlage der späteren empirischen Untersuchung dar.

### 3.2.1 Technisches Wissen in der Systemtheorie der Technik

In der Systemtheorie der Technik beschreibt Ropohl in einem Exkurs eine Einteilung des technischen Wissens in verschiedenen Kategorien (vgl. Ropohl 2009, S. 206 - 214). Dieser Betrachtung schießt er voraus, dass technisches Wissen gleichzeitig Bedingung und Folge der Sachverwendung ist. Was widersprüchlich klingt, wird klar, wenn man den Gebrauch technischer Artefakte als Prozess begreift. Der Prozess wird durch technisches Wissen angeleitet. Dieses Wissen wird durch den Gebrauch im Prozess jedoch immer wieder geändert und angepasst. Da dieser Gedanke zu jedem zweckrationalen Verhalten passen würde, schränkt Ropohl die Wissensinhalte ein. Ropohl versteht nur solches Wissen als technisches Wissen, welches einer kognitiven Repräsentation technischer Sachsysteme entspricht. Damit koppelt er die Definition des technischen Wissens an die Definition von Technik, welche mit technischen Sachsystemen verknüpft ist (vgl. Kapitel 2.2.1). Mit diesen Vorüberlegungen definiert Ropohl fünf Wissensarten: funktionales Regelwissen, technologisches Gesetzwissen, öko-sozio-technologisches Systemwissen und technisches Können. Auch wenn in der Reihenfolge Ropohl das technische Können zuerst erklärt, wird dieses hier wegen der Implikationen für die anderen Wissenskategorien hintenangestellt.

Als funktionales Regelwissen beschreibt Ropohl „jene Kenntnisse, die sich auf die Funktion von Sachsystemen beziehen“ (Ropohl 2009, S. 209). Dieses Wissen ist explizit verfügbar. Funktionales Regelwissen bezieht sich vor allem auf die Vorhersage des Verhaltens von Sachsystemen bei verschiedenen Bedienzuständen. Das Sachsystem als solches wird als Black-Box betrachtet. Das funktionale Regelwissen ist das Wissen über den Input und den Output der Black-Box sowie die Parameter, welche Input und Output beeinflussen. Ein Beispiel: Ich habe funktionales Regelwissen, wenn ich meine Waschmaschine bedienen kann. Ich kenne den Input, dreckige Wäsche, und den Output bei korrekter Funktion: saubere Wäsche. Ich habe auch Wissen über die funktionalen Zusammenhänge: Wenn ich dreckige Wäsche in die Trommel

gebe, Waschpulver in das dafür vorgesehen Fach einfülle und die richtigen Knöpfe drücke, erhalte ich saubere Wäsche. Die inneren Zusammenhänge gehören nicht zum funktionalen Regelwissen. Funktionales Regelwissen wird typischerweise aus Erfahrung gewonnen. Dieses Wissen entsteht beim Lösen eines technischen Problems, wie z.B. dem Erlernen der Bedienung einer neu gekauften Waschmaschine durch Probieren oder sich erklären lassen. Gerade der letzte Punkt, also die Weitergabe der Erfahrungen, spielt beim funktionalen Regelwissen eine wichtige Rolle.

Eine weiteres Regelwissen stellt das strukturelle Regelwissen dar. Es bezieht sich auf den inneren Aufbau und die konstruktive Beschaffenheit eines technischen Sachsystems. Es ist Wissen über die Subsysteme, deren Verknüpfungen und innere Gestaltung. Da das strukturelle Regelwissen das Wissen über die Verknüpfung von Funktion und Struktur beinhaltet (vgl. Ropohl 2009, S. 210), bauen die beiden Wissensarten aufeinander auf, wenngleich Ropohl das nicht explizit erwähnt. Ähnlich wie das funktionale wird auch das strukturelle Regelwissen über Erfahrungen gewonnen oder von Anderen übernommen. Kommt man zurück zum Beispiel der Waschmaschine, ist das strukturelle Regelwissen z.B. das Wissen des Technikers, der die Maschine repariert. Er kennt die inneren Zusammenhänge der Bauteile und gibt dieses Wissen beispielsweise an seinen Lehrling weiter.

Eine weitere Kategorie technischen Wissens stellt das technologische Gesetzeswissen dar. Für Ropohl ist das die Wissenskategorie, welche den Standards wissenschaftlicher Methodologie entspricht. Es wird durch theoretische, systematische und empirisch geprüfte Gesetzesaussagen repräsentiert. Das technologische Gesetzeswissen repräsentiert damit das Wissen zum Begreifen der Hintergründe und naturalen Zusammenhänge der beiden vorher genannten Wissensformen. Dabei betont Ropohl, dass das technologische Gesetzeswissen starke Ähnlichkeiten mit naturwissenschaftlichem Wissen hat, jedoch nicht identisch ist (vgl. ebd., S. 211). Eine hierarchische Anbindung an die vorher beschriebenen funktionalen und strukturellen Wissensinhalte macht Ropohl beim technologischen Gesetzeswissen explizit und spricht davon, das Regelwissen eine häufig eine „unausgereifte Form“ (ebd., S. 211) des Gesetzeswissens darstellt.

---

Das gilt auch für das öko-sozio-technologische Systemwissen, in dem Ropohl alles Wissen um die Folge des Gebrauchs von Technik zusammenfasst. Es bildet damit „eine notwendige Voraussetzung für den aufgeklärten Umgang mit der Technik“ (ebd., S. 214).

Als technisches Können schließlich beschreibt Ropohl „jene psychisch programmierte Koordination sensomotorischer Abläufe, die in der Psychologie als ‚Automatisierung‘ bezeichnet wird“ (ebd., S. 208). Somit erklärt er, dass die Aneignung technischen Könnens weniger auf dem kognitiven Erfassen des Wissens als auf stetigem Üben basiert. Technisches Wissen wird so auch nur einem einzelnen Individuum als Erfahrung zugesprochen. Diese in den Vorbemerkungen zum technischen Können geführte Argumentation verfolgt Ropohl jedoch nicht stringent. Zwei Beispiele können das zeigen: Für ein Handlungssystem zeigt sich das technische Können durch die Bedienungskompetenz, welche sich im richtigen Funktionieren des Handlungssystems widerspiegelt. Für eine konkrete Handlung ist das technische Können das richtige geschickte Führen einer Feile (vgl. ebd., S. 208). Diese beiden Fälle sind unterschiedlich, weil in Bezug auf das Handlungssystem die Bedienung eines Sachsystems durchaus ein Akt des Nachdenkens (als erstes muss ich Knopf A drücken, dann...), während das Feilen durch nachdenken über das Feilen („Jetzt muss ich die Feile nach vorne bewegen.“) eher behindert wird und so mehr dem eingangs beschriebenen Lernmodell entspricht. Auch ist das Feilen durchaus ein sensomotorischer Prozess, die Bedienung einer Maschine als Schaltfolge (mit Schaltern, die nur in die Position Ein oder Aus gebracht werden können) eher nicht. Ropohl beschreibt außerdem, dass auch andere Wissensinhalte, wie das funktionale und das strukturelle Regelwissen, nicht immer expliziert werden können. Damit nähert er sich der Beschreibung Polanyis zum impliziten Wissen, indem er auch außerhalb der Sensomotorik technisches Können verortet. Die Definition technischen Könnens bleibt somit recht unklar. Als reine Beschreibung der Sensomotorik funktioniert sie. Da Ropohl den Begriff jedoch weiter fasst, müsste jedem der vier anderen Wissenskategorien jeweils ein impliziter und ein expliziter Teil zugeordnet werden. Trotz dieses kritischen Punkts zeigt Ropohl insgesamt ein in sich schlüssiges Kategoriensystem.

### 3.2.2 Strukturen technologischen Wissens

In seinem Buch „Strukturen technologischen Wissens“ skizziert Klaus Kornwachs (2012) Kategorien für das technische Wissen. Dazu grenzt er zunächst das technische Wissen vom naturwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Wissen ab. Außerdem differenziert er das technische Wissen vom Alltagswissen und dem handwerklichen Wissen (und Können). Somit skizziert Kornwachs eine Struktur des technikwissenschaftlichen Wissens. Der Skizze schickt er voran, dass Wissen stets einen empirisch-theoretischen, einen gestalterischen und einen angewandten Bereich hat und dass jede Wissenschaft immer Hilfwissenschaft für andere Wissenschaften sein kann. Die Skizzierung der Kategorien wissenschaftlich-technischen Wissens erfolgt in einer Tabelle, welche Kornwachs selbst jedoch nicht kommentiert. Er merkt lediglich zu der Fünfteilung des Wissens an, dass eine strenge Einteilung nicht wirklich möglich ist, weil unterschiedliche Wissensarten in der technischen Argumentation immer gemischt vorkommen (vgl. Kornwachs 2012, S. 48).

Die folgende Tabelle zeigt die Kategorien technischen Wissens aufgeteilt in den Bereich der Technikwissenschaften, in denen das Wissen verortet ist, sowie der jeweiligen Bezeichnung und Kurzbezeichnung:

Bereiche in den Technikwissenschaften	Empirischer und theoretischer Bereich	Empirisch-phänomenologischer Bereich	Wertebereich	Pragmatischer Bereich	Bereich der Gestaltung
<b>Bezeichnung</b>	Wissen um theoretisch-erfahrungswissenschaftliche Bedingungen	Wissen um Phänomene und Sachverhalte	Wissen um Normen, Werte und Ziel	Begründungswissen technischer Praxis	Technisches Wissen/Können
<b>Kurzbezeichnung</b>	Know why	Know what	Know for what	Know why	Know-how

Tabelle 6: Strukturen technikwissenschaftlichen Wissens nach Kornwachs (2012, S. 50 f.)

Der empirisch-theoretische Bereich enthält alle technischen Erklärungen und Gesetze. Gegenstandsbereich sind somit die vorbefindlichen Rand- und Naturbedingungen der Technik. Das Wissen wird benötigt, um technische Sachverhalte zu erforschen und um empirische und formale Wahrheiten zu definieren. Der empirisch-phänomenologische Bereich deckt die geplante oder antizipierte, bereits bestehende Technik ab. Bestätigt wird das Wissen darüber nicht mehr aus der Beobachtung der

---

naturalen Randbedingungen, sondern in der Beobachtung der Technik, durch Modellbildung oder Simulation. Die dritte Kategorie ist der Wertebereich. Gegenstand der Wissensinhalte sind die Zwecke zur Verwendung der Technik und die dafür notwendigen Kriterien der Technikbewertung zur Nutzung, Einschätzung und Kritik. Gegenstandsbereich des pragmatischen Wissens ist die Erfahrung aus der Praxis der Technik, wie technische Funktionen, Methoden und Prozesse. Das Wissen wird für die Entwicklung und Begründung von Gestaltungsmöglichkeiten und in ähnlicher Weise für die Bewertung von Technik genutzt. Neue Erkenntnisse in diesem Bereich entstehen so aus der Erfahrung mit und dem Testen von Technik. Der Bereich der Gestaltung ist bestimmt durch das Wissen, welches zur Bewertung der Gestaltung technischer Artefakte oder Systeme sowie der praktischen Nutzbarkeit gebraucht wird. Adäquat ist solch ein Wissen, wenn eine Lösung effizient ist, also technischer Aufwand und Ertrag in einem guten Verhältnis stehen. In diesem Bereich räumt Kornwachs auch das Vorhandensein impliziter Wissensinhalte ein, da die Gestaltung eines Artefakts oder Systems viel mit der Möglichkeit einer routinierten und „automatisierten“ Nutzung durch den Anwender zu tun hat.

### **3.2.3 Die Wissensarten des handlungsanleitenden Wissens**

Die Intention zur Entwicklung von Kategorien technischen Wissens bei Gaycken ist die gleiche, wie bei der Entwicklung seiner Theorie des technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen (vgl. Kapitel 2.2.3). Im Gegensatz zu Kornwachs beschreibt Gaycken Kategorien eines „bestenfalls vorwissenschaftlichen“ technischen Wissens. Die Entwicklung der Kategorien erfolgt anhand von zwei Gedanken: der Intention (was möchte ich mit dem Wissen erreichen) und der daraus erfolgenden Komposition des Wissens (welche Art von Wissen wird zur Verfolgung der Intention benötigt) (vgl. Gaycken 2010, S.59f.). Basis bildet dabei die systemtheoretische Betrachtungsweise der Technik mit ihren Grundmodellen von „Struktur“, „Funktion“ und „Hierarchie“ (vgl. Kapitel 2.2.2 und Gaycken 2010, S.60). Zwei Intentionen bilden Oberkategorien der Einteilung des technischen Wissens bei Gaycken: zum einen der direkte Umgang mit Technik in der Kategorie technisch-praktisches Wissen und zum anderen das eher erkenntnistheoretische technisch-theoretische Wissen, bei dem die Handlung nicht mehr unmittelbar mit dem Wissen verknüpft ist.

Die erste Art des technisch-praktischen Wissens ist das Gebrauchswissen. Es ist das Wissen welches benötigt wird, um einen Umweltzustand in einen anderen zu überführen. Ein praktisches Beispiel wäre das Entgraten eines Bauteils mit Hilfe einer Feile, bei dem die scharfen Kanten eines Werkstücks zu weichen Kanten umgewandelt werden. Für eine solche Umwandlung wird Wissen zur direkten Interaktion mit Technik benötigt. Es findet sich in Anleitungen oder Handbüchern. Der Umfang des Wissens wird begrenzt durch den Zweck (im Beispiel das Wissen über die korrekte Führung einer Feile). Ebenfalls zum technisch-praktischen Wissen gehört das Entwicklungswissen. Bei der Entwicklung von Technik wird Wissen über den späteren Gebrauch benötigt. Das Entwicklungswissen beinhaltet alles Wissen zum Entwerfen eines technischen Artefakts. Dazu muss der geplante Gebrauch vollständig antizipiert sein, wie auch alle strukturellen Inhalte. Das Entwicklungswissen entsteht in einem iterativen Prozess, bei dem der Ist-Zustand mit dem Soll-Zustand verglichen wird, bis der gewünschte Zusammenhang von Input und Output entsteht. Die letzte Kategorie des technisch-praktischen Wissens ist das Konstruktionswissen. Mit dem Konstruktionswissen meint Gaycken etwas missverständlich das Wissen über die zusammenstellende Herstellung eines Artefakts wie sie in einer Fabrik geschieht. Es ist das Wissen des Arbeitsvorbereiters oder Fertigungsingenieurs und müsste deshalb eher Fertigungswissen heißen. Das Wissen ist wahr, wenn nach der Fertigung ein funktionierendes Artefakt entstanden ist.

Zu den technisch-theoretischen Wissensformen gehört das technikrekonstruktive Wissen. Es ist das Wissen der Technikwissenschaften in allen Ausprägungen. Aus systemischer Sicht ist es eingeteilt anhand der dem Wissen zugrundeliegenden Sachsysteme. Es entsteht durch die Erforschung, Beschreibung und Systematisierung der Welt der Technik. Dazu zählt auch das Wissen über Schnittstellen zu Natur und Gesellschaft. Das technikrekonstruktive Wissen ist formalisiert und besteht aus Regeln und Gesetzen der Technik. Das technische Hilfswissen ist die zweite Kategorie der technisch-theoretischen Wissensformen. Für die Technik sind viele Wissenschaften interessant, um neue Systeme oder Artefakte zu generieren oder bestehende zu bearbeiten. Das technische Hilfswissen ist somit Wissen über die brauchbaren Anteile anderer Wissenschaften, angepasst an die technischen Erfordernisse. Es entsteht, wenn grundlegende Erkenntnisse auf Praxisrelevanz geprüft werden. Hilfswissen ist immer dadurch begrenzt, dass nur die für eine Technik relevanten Anteile betrachtet

---

werden. Die letzte Kategorie des technisch-theoretischen Wissens ist das metatechnische Wissen. Es ist das Wissen über die Einbettung der Technik in andere Kontexte. Ein wichtiger Punkt dabei sind die Folgen des Gebrauchs von Technik. Auch zählen dazu Wissensinhalte zur technischen Kultur oder der Technikgeschichte sowie der Technikphilosophie.

### **3.2.4 Das Wissen der Ingenieure**

Walter G. Vincenti beschäftigte sich Anfang der 1990er Jahre mit der Frage, was das Wissen der Ingenieurwissenschaften ausmacht und wie sich dieses Wissen vom naturwissenschaftlichen Wissen abgrenzt (vgl. 1997). Dabei hat er verschiedene Kategorien technischen Wissens im ingenieurwissenschaftlichen Bereich definiert. Die Kategorien entwickelt er mit dem Fokus auf die Entstehung eines technischen Artefakts und bezeichnet das Ergebnis als „engineering design knowledge“ (vgl. ebd., S. 307f.). Ausgangspunkt und Quelle dieses Wissens ist das Lösen von Problemen: „[...] engineering is a problem-solving activity. Engineers spend most of their time dealing with practical problems, and engineering knowledge both serves and grows out of this occupation“ (vgl. ebd., S. 200f.). Ähnlich wie Kornwachs merkt Vincenti einschränkend an, dass die Kategorien nicht starr sind, sondern dass sich immer wieder Überschneidungen ergeben. Vincenti unterscheidet sechs Kategorien des „engineering design knowledge“:

Die erste Kategorie ist das Wissen über fundamentale Designkriterien (fundamental design concepts) (vgl. ebd. S. 208ff.). Diese sind für den Techniker Kriterien, die er in der Interaktion mit Technik nicht ohne Weiteres hinterfragt und die teilweise so selbstverständlich werden, dass sie nur noch implizit vorliegen und vom Technikschaffenden nicht mehr expliziert werden können. Ein Beispiel dafür kann die (noch) geltende Normalkonfiguration eines PKW sein. Der Motor befindet sich vorne, es ist ein Benzin- oder Dieselmotor, das Getriebe wird in Richtung zum Fahrgastraum unter der Mittelkonsole platziert, die Karosserie steht auf vier Rädern usw. Die normale Interaktion mit der Automobiltechnik bestand und besteht in großen Teilen immer noch aus diesem Wissen. Bei der Entwicklung eines neuen PKW würde dieses Wissen nur in Ausnahmefällen in Frage gestellt werden.

Natürlich kann sich solche Art von Wissen, z.B. über den PKW im Zuge der Elektromobilität, verändern. Damit zeigt sich aber nur, dass jede Art von Wissen wandelbar ist. Auch bei Elektroautos werden sich nach einigen Anfängen bestimmte fundamentale Designkriterien herauskristallisieren. Das Wissen über fundamentale Designkriterien ist dabei nicht auf die Konfiguration von Sachsystemen beschränkt, sondern auch auf die Prinzipien, die der Funktion von Sachsystemen zu Grunde liegen. Ein Beispiel hierfür ist, dass Flugzeuge mit starren, Auftrieb erzeugenden Flügeln ausgestattet sind, für die es eigene Formeln gibt und die nicht den Vogelflug mit Flügelschlag nachahmen.

Die zweite Kategorie ist die der Kriterien und Spezifikationen (*criteria and specification*) (vgl. Vincenti 1997, S.211). Damit wird das Wissen über die Anforderungen an ein spezifisches Artefakt beschrieben. Welche Flughöhe z.B. soll ein Flugzeug erreichen? Die Grundlage des Wissens über diese Kriterien ist zunächst eine ökonomische Betrachtung. Auch hier gibt es technisches Wissen darüber, welche Kriterien im Normalfall als möglich oder unmöglich angesehen werden können, sodass die Spezifikationen zumeist einen technischen Bezug behalten. Die Ingenieure einer Fluggesellschaft werden dem Flugzeughersteller in der Regel erreichbare Kriterien geben, da sie das dazu notwendige technische Wissen besitzen.

Theoretische Werkzeuge (*theroetical tools*) (vgl. ebd., S.213ff.) bilden die dritte Kategorie des Wissens. Gemeint sind hier mathematische Methoden und physikalische Theorien, die zum Lösen technischer Aufgaben benötigt werden. Die Limitierung dieses Wissens erfolgt durch den Zweck. Gerade, wenn noch keine physikalischen oder mathematischen Grundlagen für ein technisches Problem zur Verfügung stehen (wie z.B. bei der Entwicklung der ersten Propeller), wird der mathematische Formalismus ohne Wahrheitsanspruch bei Formeln zur Schätzung verwendet.

Quantitative Daten (*quantitative data*) (vgl. ebd., S.216 f.) sind die vierte Kategorie. Quantitative Daten sind typisch technische Daten, wie z.B. die Festigkeit bestimmter Materialien. Die Daten haben meistens physikalische, chemische oder biologische Hintergründe, sind aber für einen bestimmten technischen Zweck optimiert. Die technische Abwandlung besteht z.B. darin, bestimmte Festigkeitswerte durch Sicherheitsfaktoren zu verringern. Für den Flugzeugbau z.B. gibt es Werte, die aus vielen Einzelfaktoren bestehen, die keinen naturwissenschaftlichen Hintergrund haben, wie

---

die für Piloten noch für angenehm gehaltene maximale Beschleunigung. Bei den quantitativen Daten sieht Vincenti auch implizite oder zumindest nicht explizit festgehaltene Hintergrunddaten, die er mit dem Satz „...in order to accomplish this, arrange things this way“ (vgl. ebd., S. 217) beschreibt und die z.B. zu einem firmeneigenen Wissen gehören.

Die fünfte Kategorie stellt die pragmatischen Erwägungen (practical considerations) (vgl. Vincenti 1997, S.217ff.) dar. Zusammengefasst ist damit das Erfahrungswissen gemeint, welches durch das lange Beschäftigen mit bestimmten technischen Artefakten entsteht. Dieses Wissen ist selten formalisiert oder wird erst nachträglich (z.B. bei der Nachbesprechung nach dem Bau eines technischen Objekts) von den Ingenieuren für ein ähnliches Folgeprojekt formalisiert. Es beinhaltet auch Faustformeln, die die Arbeit erleichtern.

Die letzte Kategorie stellen die Designmethoden dar (design instrumentalities) (vgl. ebd., S. 219 ff.). Diese Kategorie ist sehr unklar formuliert. Gemeint sind im Prinzip die „Tricks der Ingenieure“ (Mildenberger 2006, S. 82), die dazu befähigen, gestellte Aufgaben ökonomisch zu lösen. Vincenti scheint außerdem auch implizites Wissen über die Bewertung von technischen Ideen im Auge zu haben. So wie ein erfahrener Ingenieur eine Konstruktion auf den ersten Blick beurteilen und entscheiden kann, ob sie erfolgreich ist oder nicht.

### **3.2.5 Kategorien technischen Wissens in der Technikdidaktik**

Im Bereich der technischen Bildung findet sich bezüglich der Strukturen des zugrundeliegenden Wissens in den Ausführungen zur Technikdidaktik von Winfried Schmayl eine kurze Skizze einer Kategorisierung des technischen Wissens für die Technikdidaktik (vgl. Schmayl 2010, S. 56-58). Schmayl nennt zwei mögliche Differenzierungsmöglichkeiten für das technische Wissen, eine horizontale und eine vertikale. Die horizontale Unterteilung sieht er in der Unterteilung des Fachgebiets Technik in seine unzähligen Anwendungsbereiche, wie sie in der Ausdifferenzierung der Ingenieurwissenschaften sichtbar wird. Diese betrachtet er nicht weiter. Die Vertikale Differenzierungsmöglichkeit bezeichnet, laut Schmayl, die Unterscheidung der Art der Kenntnisse.

In diesem Bereich sieht Schmayl drei verschiedene Kategorien: das Erfahrungswissen, das Theoriewissen und das philosophische Wissen. Die Einteilung hat beabsichtigt Ähnlichkeit zu den Ropohl'schen Kategorien (vgl. ebd., S. 57).

Das (technische) Erfahrungswissen ist die Art des Wissens, die die Menschheit seit Beginn begleitet und das bis ins 19. Jahrhundert beherrschend war. Es ist das Wissen über das Tun und die Reflektion des Tuns. Die Gewinnung des Erfahrungswissens geschah und geschieht laut Schmayl im Handwerk. Das Wissen ist durch Regeln, Handlungsmuster und Fachkunden fixiert. Erfahrungswissen ist dabei immer nur auf bestimmte Fälle anwendbar und nicht allgemeingültig. Es ist laut Schmayl damit keine überholte Art von Wissen. Auch heute wird neues Erfahrungswissen beim Lösen technischer Probleme gewonnen, wobei dies immer mehr systematisch und mit teilweise wissenschaftlichen Methoden geschieht. Beispiele sind Computersimulationen oder Experimente (vgl. Schmayl 2010, S. 57).

Das (technische) Theoriewissen hat laut Schmayl einen fließenden Übergang zum Erfahrungswissen. In der angewandten Forschung erfolgt die Generierung ähnlich wie beim Erfahrungswissen, allerdings mit der Tendenz, das Wissen zu verallgemeinern. Theoriewissen wird in Tabellen, Kennwerten und (laut Schmayl) nicht so häufig in mathematischen Gesetzmäßigkeiten fixiert. Theoriewissen höheren Grades ist dann laut Schmayl Gesetzwissen, wie es sich beispielweise in den Theorien zur Baustatik zeigt (vgl. ebd., S. 57f.).

Die dritte Kategorie in der vertikalen Ausdifferenzierung technischen Wissens bei Schmayl ist das philosophische Wissen (vgl. ebd., S. 57f.). Dazu merkt er an, dass schon Platon und Aristoteles über das technische Schaffen philosophiert haben, jedoch mehr im Rahmen anderer Themen. Das gezielte Nachdenken über Technik beobachtet Schmayl hingegen erst Ende des 19. Jahrhunderts. Das philosophische Wissen ist damit das Wissen über das Wesen der Technik und die Bedeutung für das eigene Selbst.

---

### 3.2.6 Grenzen und Bewertung der Kategoriensysteme

Bei der Gesamtschau der Kategorisierungen zeigen sich verschiedene Betrachtungsweisen. Während Kornwachs und Vincenti den Fokus auf die wissenschaftliche Seite technischen Wissens legen, betrachten Gaycken und Ropohl sowohl die wissenschaftliche als auch die alltägliche und nicht wissenschaftliche Seite technischen Wissens.<sup>12</sup> Vincenti grenzt seine Kategorien noch weiter auf die Entwicklung eines neuen technischen Sachsystems ein. Keiner der untersuchten Autoren betrachtet technisches Wissen aus einer sich entwickelnden Perspektive. Die Frage, ob das Wissen je nach Entwicklungsstand unterschiedlich organisiert ist und wie es bei einem Laien organisiert ist, wird also nicht berücksichtigt.

Allen Kategorisierungen ist gemein, dass sie den Bereich des Wissens um die Auswirkungen von Technik auf die Umwelt und die Gesellschaft in sehr allgemein gefassten Kategorien zusammenfassen, wie bei Gaycken beispielsweise in Form des *metatechnischen Wissens*. Dies geschieht, obwohl sich darunter viele, teilweise sehr unterschiedliche Bereiche, wie die Technikfolgenabschätzung oder die Technikgeschichte, finden.

Generell ist die Kategorisierung von Wissen umstritten. Eine Auseinandersetzung mit der Kritik ist gut dazu geeignet, die Kategoriensysteme zu bewerten. Exemplarisch kann hier die Argumentation aus einer Rezension zu Sandro Gayckens Einteilung technischen Wissens betrachtet werden. Die Wissenschaftsphilosophin Sabine Ammon schreibt dazu:

„Die Suche nach einer bestimmten Wissensart für einen bestimmten Bereich geht auf die unausgesprochene und zugleich irrige Prämisse zurück, dass sich eine sinnvolle Typologisierung von Wissen analog zu historisch gewachsenen disziplinären Einteilungen vornehmen ließe“ (Ammon 2011).

Ammon spielt mit ihrer Argumentation darauf an, dass zunächst eine Einteilung allen Wissens notwendig wäre, um dann einzelne Untergruppen zu definieren und dass die Einteilung des Wissens nach dem Zweck schnell beliebig werden kann. Wenn man

---

<sup>12</sup> Wissenschaftlich wird hier verstanden mit der folgenden Definition aus dem Handwörterbuch Philosophie: „Das Gesamte der im Prozess der Forschung erzeugten Erkenntnisse, formuliert in Aussagen und Sätzen. Motivation für die wissenschaftliche Forschung ist ein ursprünglicher, sachbestimmter Drang nach Wissen und die Suche nach der Wahrheit. Ziel wissenschaftlicher Forschung ist Erklärung mit Hilfe von Gesetzen, die ihrerseits wiederum zu Theorien zusammengefasst sind.“ (Rehfus 2003)

sich die historische Entwicklung des systematischen Wissens über Technik anschaut, kann man den Gedankengang nachvollziehen. Zunächst hat sich Wissen über z.B. Bergbau oder Schiffbau unabhängig voneinander entwickelt. Doch in der weiteren Entwicklung der Technik haben sich immer mehr Schnittstellen und Möglichkeiten zum Austausch (an technischen Hochschulen) ergeben, sodass sich Querschnittsdisziplinen wie die Werkstoffkunde oder die Festigkeitslehre ergeben haben. Bei der Flugzeugtechnik, die erst aufkam, als Technik schon wissenschaftlich gelehrt und gelernt wurde, haben sich diese Schnittstellen auch in der sprachlichen Bezeichnung der Bauteile (z.B. Spanten) aus anderen älteren technischen Disziplinen ergeben. Durch die weitere Verwissenschaftlichung und die Durchdringung durch die Informationstechnologie erscheint die Einteilung anhand von historischen Disziplinen tatsächlich nicht sinnvoll, da sie sonst tatsächlich leicht der Beliebtheit anheimfällt. Betrachtet man die Entwicklung der Technik allerdings, wie es an den Beispielen von Nye beschrieben wurde, als Teil der Menschwerdung (vgl. Kapitel 2.2.1), dann scheint gerade das Wissen um Technik prädestiniert, eine eigene Untergruppe zu bilden, wenn auch auf einer anderen Ebene: nämlich nicht auf der Ebene der Artefaktunterschiede, sondern auf der des Zugangs oder der Nutzung des Wissens und damit analog zur Gaycken'schen Beschreibung von technischem Wissen als handlungsanleitendem Wissen. Inwieweit jedoch entspricht diese Darstellung des technischen Wissens dem von Ammon kritisierten Gaycken'schen Kategoriensystem? Gaycken stützt seine Einteilung technischen Wissens in verschiedene Kategorien vor allem mit systemtheoretischen Überlegungen (vgl. Gaycken 2010, S. 60) und seiner Betrachtung des technischen Wissens als Handlungsanleitung (vgl. Kapitel 3.1.1) und nicht mit historisch gewachsenen Strukturen. Damit scheint die Argumentation von Ammon nicht besonders schlüssig. Denn die systemtheoretische Betrachtung stellt eine Systematik zur Analyse aller möglichen Technologien zur Verfügung. Gleiches gilt auch für die Kategoriensysteme von Ropohl, Kornwachs, Vincenti und Schmayl. Alle analysieren technisches Wissen aus einer von der konkreten Technik abstrahierten Perspektive. Gerade die Schmayl'sche Idee der vertikalen und der horizontalen Betrachtung bietet hier einen guten Vergleich. Die Kritik Ammons zielt auf die horizontale Unterteilung technischen Wissens nach Fachrichtungen. Die aufgezeigten Kategoriensysteme bewegen sich jedoch auf der vertikalen Unterteilung der Art der Kenntnisse. Allerdings halten nicht alle Autoren die Abstraktion von einer konkreten technischen Anwendung oder einem technischen Zweck durchgehend bei. Beispiele

---

sind die Begründung Gayckens für das Konstruktionswissen (Erstellung eines Artefakts) oder die des empirischen und theoretischen Bereichs bei Kornwachs zum Zweck des Erstellens von formalen Wahrheiten für die Technikwissenschaft. Im Gegensatz dazu hält Günther Ropohl die Abstraktion vom konkreten Wissen am konsequentesten durch, indem er nicht mit dem Zweck, sondern mit dem Blick auf das System argumentiert. Er unterscheidet die Kategorien technischen Wissens anhand des Blicks auf ein beliebiges technisches Sachsystem, welches dann z.B. funktional oder strukturell sein kann. Ähnliches gilt für Schmayl, dessen Einteilung jedoch am wenigsten genau ausgearbeitet ist. Allerdings hierarchisiert Ropohl Teile der Kategorien (das strukturelle Wissen greift auf das funktionale Wissen zurück, das Regelwissen allgemein ist häufig eine unausgereifte Form des Gesetzwissens).

Bis jetzt wurde die Kategorisierung des technischen Wissens auf zwei Ebenen betrachtet: auf Grundlage einer historischen gewachsenen Einteilung, wobei eine Kategorisierung nicht sinnvoll und so für die Arbeit auch nicht zielführend ist, und auf einer abstrakteren Ebene, wie sie von in der technikphilosophischen Grundlagenforschung angewendet wird, jedoch auch eine große Zerfaserung der Wissensinhalte zur Folge hat. Die Betrachtungen von Kornwachs und Vincenti erscheinen für die Intention dieser Arbeit zu ingenieurwissenschaftlich geprägt, die Modelle sind sehr stark auf den ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsprozess bezogen. Am ehesten scheint die Systematik von Ropohl für eine empirische Kategorienbildung geeignet. Er bleibt auf einer abstrakten Ebene und bietet ein gut strukturiertes Modell. Für die Entwicklung der Arbeit wird somit die Ropohl'sche Betrachtung als Arbeitsgrundlage genutzt.

### 3.3 Technisches und naturwissenschaftliches Wissen

Technik unterliegt den Gesetzen der Natur, welche durch die Naturwissenschaften formalisiert werden. Deshalb wird die Frage nach Eigenständigkeit des technischen Wissens in der Technikphilosophie immer wieder diskutiert. Dazu fragt beispielsweise Klaus Kornwachs: „Ist Technik nur eine degenerierte Naturwissenschaft, axiomatisch verarmt und normativ aufgeladen durch Einführung von extern bestimmten, nicht intradisziplinär hergeleiteten Zielen und Zwecken?“ (Kornwachs 2010a, S. 139). Die Frage wird an dieser Stelle aufgenommen, um sie für diese Arbeit zu klären.

Nun ist die begriffliche Gegenüberstellung von Technik und Naturwissenschaft etwas missverständlich, wie Kornwachs im Verlauf weiter analysiert. Der Begriff Technik meint die Menge der nutzorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde, die Menge aller menschlichen Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen, und die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden (vgl. Kapitel 2.2.1). Der Begriff der Naturwissenschaften hingegen beschreibt die wissenschaftliche Betrachtung der vorfindlichen Natur. Ein Vergleich würde so nicht zwei Begriffe, sondern zwei verschiedene Begriffsebenen gegenüberstellen. Richtig ist deshalb, mit dem Vergleich zweier Begriffe einer Begriffsebene zu beginnen und Technik und Natur miteinander zu vergleichen. Technik ist die zweckgebundene künstliche Welt und Natur die vorfindliche zweckfreie Welt. Der Unterschied künstlich und natürlich scheint so zunächst eine klare Trennung zu ermöglichen. Trotzdem beruht die künstliche Welt auf den Gesetzmäßigkeiten der vorfindlichen Natur. Andersrum ist die Beschäftigung des Menschen mit Technik ein Teil der Menschwerdung und damit kognitiv wie praktisch deutlich älter als jede Wissenschaft (vgl. Kornwachs 2010b, S. 142). Allerdings verhält es sich in der Tradition der universitären Lehre genau umgekehrt mit den Naturwissenschaften und der Technik. Naturwissenschaften werden schon länger gelehrt als Technikwissenschaften.

Dazu zunächst zwei Begriffserklärungen. Naturwissenschaft ist die Wissenschaft der vorfindlichen Natur. Was aber ist mit der Technik? Meistens wird, wenn es um die Wissenschaft der Technik geht, der Begriff der Technologie verwandt. Als Technologie definiert Ropohl die Wissenschaft über Technik (vgl. Ropohl 1997, S. 65), die

---

seltener auch als Technikwissenschaft oder zumeist als Ingenieurwissenschaft bezeichnet wird. Der Autor bleibt für den Rest der Arbeit bei Technikwissenschaften. Schaut man sich Vergleiche zwischen Naturwissenschaft und Technik an, so wird zumeist auch genau diese Einschränkung vorgenommen und Technikwissenschaft mit Naturwissenschaft verglichen (Kornwachs 2010b; Ropohl 1997) oder, für die hier vorliegende Fragestellung, das technologische Wissen mit dem naturwissenschaftlichen Wissen. Bei dieser Einschränkung sieht man schon einen ersten Unterschied: Technik ist mehr als Technologie. Wissen über die Bedienung einer Kaffeemaschine ist noch kein technologisches Wissen. Es wird aber benötigt, um dem technischen Gerät Kaffeemaschine Kaffee zu entlocken. Es ist also technisches Wissen. Wissen, dass sich auf den Gebrauch bezieht, findet man in den Naturwissenschaften nicht. Wenn von angewandten Naturwissenschaften die Rede ist, bezieht sich die Anwendung auf die Konkretisierung von Theorien in konkreten Anwendungsfällen, aber nicht auf den Nutzen, den Anwender davon haben. Die Unterschiede ergeben sich unter anderem aus der unterschiedlichen Struktur des Wissens und aus der hinreichenden Begründung für Gesetzmäßigkeiten der Wissenschaften. Zunächst ein Blick auf die Struktur: Naturwissenschaftliches Wissen besteht aus expliziten Erklärungen für die Relation zwischen Ursache und Wirkung, demgegenüber besteht das Wissen der Technikwissenschaften aus expliziten Zweck-Mittel-Relationen (vgl. Kornwachs 2010b, S. 143).

Ganz konkret kann man diese Unterscheidung am Beispiel des technischen Experiments im Bereich der technischen Bildung sehen. Naturwissenschaftliche Experimente fragen nach den kausalen Zusammenhängen von Natur und ihrer Veränderung. Technische Experimente hingegen beziehen sich auf die Verwendbarkeit bzw. Anwendung technischer Problemlösungen (vgl. Hüttner 2005, S. 133). Dazu fasst Felix Walker in seiner Dissertation zusammen:

„Kurz gesagt, fokussieren naturwissenschaftliche Experimente das WARUM, also den URSACHE-WIRKUNGS-Zusammenhang und sind kausal orientiert, wohingegen technische Experimente eher finalorientiert sind und den ZWECK-MITTEL-Zusammenhang, also die Frage nach dem WIE, beantworten.“ (Walker 2013, S.24).

Statt „Richtig“ oder „Falsch“ ergibt sich im Ergebnis des technischen Experiments ein „Zweckmäßig“ oder „Nicht-Zweckmäßig“ (vgl. Walker 2013, S.24).

Nun könnte man annehmen, weil die Mittel zum Zweck den naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, dass diese immer Grundlage technikwissenschaftlichen Wissens sind und Technik nur eine Anwendung des naturwissenschaftlichen Wissens ist. Das dies nicht so ist, kann an einem Beispiel gezeigt werden. Als James Watt im späten 18. Jahrhundert die Dampfmaschine zu einer effizienten Maschine zur Erzeugung kinetischer Energie machte, waren die zur Erklärung notwendigen physikalischen Gesetzmäßigkeiten unbekannt. Erst später, im Jahr 1824, entwickelte Sadi Carnot die Grundlagen der Thermodynamik (vgl. Ropohl 1997, S. 66).

Ein weiteres Unterscheidungskriterium zwischen naturwissenschaftlichem und technikwissenschaftlichem Wissen sind die Kriterien für die Qualität der Aussagen. Eine naturwissenschaftliche Aussage ist akzeptiert, wenn sie experimentell untermauert, theoretisch konsistent und in der wissenschaftlichen Community überprüft wurde. Demgegenüber zeigt sich die Akzeptanz technologischen Wissens durch die Anwendung in der Praxis (vgl. Ropohl 1997, S. 67), also in der Funktion und der Effizienz. Diese Unterscheidung entspricht auch den verschiedenen Wahrheitsdefinitionen wie sie im Vorfeld schon gemacht wurden (vgl. Kapitel 3.1.2): technologisches Wissen ist funktionaler und effizienter Glaube, naturwissenschaftliches Wissen eher wahrer und gerechtfertigter Glaube. Das Ziel der technologischen Forschung ist die Erzeugung von Wissen zum Lösen von spezifischen Problemen und stoppt im konkreten Fall, sobald eine funktionale und effiziente Lösung gefunden wurde. Diese Limitierung des Denkens entspricht dem technischen Handeln nach Gaycken, wie es in Kapitel 3.1.1 beschrieben wurde: Technisches Handeln dient vorrangig der Komplexitätsreduzierung und nicht dem tieferen Verständnis. Es steht so im Gegensatz zur naturwissenschaftlichen Forschung, bei der zwar auch, in der wissenschaftlichen Community akzeptierte, Lösungen produziert werden, die dann aber wieder neue Fragen aufwerfen. Den Unterschied fasst de Vries folgendermaßen zusammen:

„In sciences the hypothesis will always have to undergo new tests because we can never be sure that we have overlooked a possible test that will falsify the hypothesis. In engineering, on the contrary, we are justified in finishing testing as soon as the design has been proven to function in the context for which it was designed” (de Vries 2016, S. 33).

Die Struktur des Wissens ist also unterschiedlich. Beim Weg zur Lösung zeigen sich aber gleichzeitig auch wieder die Überschneidungen der Wissensinhalte. Während die Mittel zum Zweck der Technik den naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten

entsprechen, lassen sich Ursache und Wirkung naturwissenschaftlicher Phänomene üblicherweise nur mit technischem Gerät experimentell ermitteln. Diese gegenseitige Bedingung hat Vincenti in einer Grafik zur Wissensgenese dargestellt (vgl. Abb. 3).

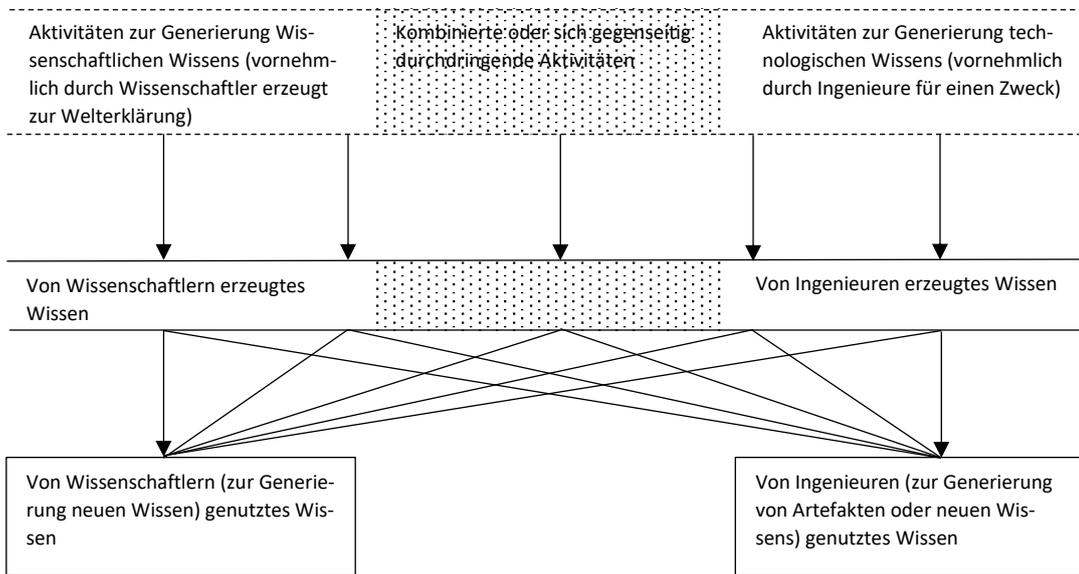


Abb. 3: Wechselwirkungen bei der Wissensgenese von technologischem und wissenschaftlichem Wissen nach Vincenti (vgl. 1997, S. 226)

Die Diskussion zur Eigenständigkeit von Technik wurde vor allem im Bereich des wissenschaftlichen Wissens geführt. Dabei zeigt diese Diskussion, dass Wissen über Technik im Vergleich zum naturwissenschaftlichen Wissen auch in der alltäglichen Interaktion mit der technischen Lebenswelt entsteht und gebraucht wird.

Abschließend ist festzustellen, dass die Diskussion zwei Ebenen hat. Der Unterschied zwischen dem Gegenstandsbereich Technik und Natur ist eindeutig. Der Unterschied zwischen den Wissenschaftsdisziplinen Naturwissenschaft und Technikwissenschaft ergibt sich zum einen aus der vorherigen Unterscheidung zwischen dem Gegenstandsbereich und zum anderen aus den Fragestellungen und den Herangehensweisen bei der Bearbeitung dieser. Wobei beide die jeweils andere Disziplin als Hilfswissenschaft nutzen, wie die Grafik auch verdeutlicht.

## 4 Implizites technisches Wissen und Expertise

Schon im ersten Kapitel wurde angemerkt, dass ein großer Teil des technischen Wissens implizites Wissen ist. Auch in den technikphilosophischen Theorien zum technischen Wissen wurden Kategorien ausgemacht, die implizite Wissensanteile haben. Um für die Arbeit eine klare begriffliche Trennung zu ermöglichen, ist deshalb eine genauere Beschäftigung mit dem impliziten und dem expliziten Anteil technischen Wissens notwendig. Im folgenden Kapitel wird deshalb in einem Exkurs das implizite technische Wissen näher beleuchtet und anhand der Expertiseforschung diskutiert, wie dieses entsteht. Außerdem wird ein Modell technischen Wissens vorgestellt, welches das technische Wissen in verschiedene explizite und implizite Anteile aufteilt.

Bei den Kategorien technischen Wissens nach Ropohl ist die erste das technische Können (vgl. Ropohl 2009, S.209). Dieses ist gleichzeitig eine Kategorie von Wissen, die viele implizite Anteile beinhaltet. Das technische Können wird beim Gebrauch von nahezu jedem Werkzeug benötigt. Der geübte Hammerschlag, mit dem ein Zimmerer einen Nagel einschlägt, lässt sich kaum verbalisieren und ist dafür ein gutes Beispiel, denn beim Gebrauch von Werkzeugen handelt es sich um sensomotorische Prozesse. Das technische Können als sensomotorischer Prozess beschränkt sich aber nicht nur auf „einfache“ Werkzeughandhabung. Wie schon in Kapitel 2.1.3 bei Polanyi festgestellt, können solche Prozesse durchaus sehr komplex sein. Bernd Haasler beschreibt in „Hochtechnologie und Handarbeit“ die Arbeit bei der Erstellung von Presswerkzeugen für Karosserieteile von PKW: „Die Fachkräfte »sehen und fühlen« feinste qualitative Unterschiede am Blech und in den Stahlformen, die Außenstehende trotz wohlmeinender Hinweise der Experten kaum erahnen können“ (Haasler 2004, S. 135). Die Beispiele zeigen einerseits die Bandbreite des technischen Könnens und lassen sich andererseits gut unter die Theorien des impliziten Wissens von Polanyi subsumieren (vgl. Kapitel 2.1.3). Das technische Können in den Beispielen entspricht der From-To-Struktur. Das gilt sowohl beim einfachen Werkzeuggebrauch als auch bei der erweiterten Wahrnehmung beim Fühlen von Qualitätsunterschieden.

---

Aus einer Bildungsperspektive heraus stellt sich die Frage, wie man zu so einer Art Wissen kommt. Mildenberger schreibt, in Bezug auf den Handwerker in technischen Bereichen, dazu:

„Die spezielle Kompetenz von Handwerkern hängt offensichtlich mit einer besonderen Körperkontrolle und einer spezifisch geschulten Wahrnehmung zusammen. Beides lässt sich nicht im strengen Sinne lehrend vermitteln, sondern lediglich durch Beobachtung von Vorbildern und Üben entwickeln“ (Mildenberger 2006, S.119f.).

Nun könnte man annehmen, dass das technische Können somit exklusiv der Teil technischen Wissens ist, welcher in impliziter Form vorkommt. Dem ist jedoch nicht so. Polanyi merkt in seinen Ausführungen an, dass implizites Wissen auch bei z.B. wissenschaftlichen Theorien zu finden ist (vgl. Kapitel 2.1.3). Ropohl führt in der Beschreibung seiner Kategorien technischen Wissens aus: „Aber auch das funktionale und strukturelle Regelwissen sind nicht immer in expliziter Form präsent, sondern oft nur in impliziter Form latent vorhanden“ (Ropohl 2009, S. 210). Dass das technische Wissen in seiner wissenschaftlicheren Form viele implizite Bereiche hat, zeigen auch Sandro Gayckens Methoden zur Komplexitätsreduzierung, bei der die Implizierung von Wissensinhalten als eine Möglichkeit gesehen wird, technisches Wissen zum Anleiten des technischen Handelns zu nutzen (vgl. Kapitel 2.2.3).

Eine Beschreibung des impliziten technischen Wissens im Bereich des nicht-handwerklichen technischen Wissens entspricht in vielerlei Hinsicht der Beschreibung der Kategorien des ingenieurwissenschaftlichen technischen Wissens bei Vincenti und dabei im Speziellen den fundamentalen Designkriterien und den Designmethoden (vgl. Kapitel 2.3.4). Vincenti argumentiert hier mit Polanyi, dass einzelne technische Prinzipien ohne explizite Einbindung ihrer naturwissenschaftlichen Hintergründe als selbstverständlich für die Verwendung angenommen werden und auch nur mit diesem Hintergrund Sinn ergeben: Ein Flugzeug hat heutzutage einen Flügel pro Seite und nicht zwei wie beim Doppeldecker. Das Wissen über die Hintergründe dafür ist dabei dem Anwender des Prinzips nicht unbedingt explizit verfügbar. Es wird aber bei der Entwicklung eines Flugzeugs unbewusst angewendet. Es ist zu einem impliziten Wissensanteil geworden. Trotzdem, oder (wenn man mit Gayckens Theorien zur Komplexitätsreduzierung argumentiert) gerade deshalb, kann mit diesem technischen Wissen erfolgreich gearbeitet werden. Vincentis Argumentation hinsichtlich

der fundamentalen Designkriterien als größtenteils implizites Wissen erscheint allerdings nur logisch, wenn man annimmt, dass hinter dem Wissen über den Aufbau eines modernen Flugzeugs mehr steckt als nur eine Tradierung der Bauform, welche sich ohne weiteres explizieren und begründen lässt. Hier bleibt Vincenti recht unklar, vor allem, weil er eine beispielsweise von Konstrukteur zu Konstrukteur weitergegebene Tradierung als implizit bezeichnet. Dies entspricht jedoch nicht der Definition, weil der Empfänger des Wissens kein ehemals explizites Wissen verinnerlicht hat, wie es bei Polanyi beschrieben wird. Die Designmethoden bei Vincenti erscheinen, auch wenn er hier gerade nicht mit Polanyi argumentiert, als besserer Kandidat für die Beschreibung impliziten technischen Wissens (vgl. Kapitel 3.2.4) jenseits des technischen Könnens im handwerklichen Sinne. Hier beschreibt Vincenti nämlich eine Kategorie technischen Wissens, die sich bei einem geschulten (Muster schnell erkennenden) Blick eines Ingenieurs beim Konstruieren oder beim Bewerten einer Konstruktion zeigt. Dieser *Blick des Ingenieurs* lässt sich mit den Beschreibungen von Polanyi für das implizite Wissen erklären. Es entsteht eine From-To-Struktur (vom einzelnen Bauteil zur gesamten Konstruktion) und es werden distale Termen (nicht bewussten Hintergrundinformationen) genutzt, um ein technisches Problem zu bewerten oder zu lösen.

Beim technischen Können wurde vor allem das Üben als Möglichkeit zum Erlernen genannt. Bei weitgehend motorischen Aufgaben erscheint das schlüssig, nicht jedoch bei Wissen, welches zwangsläufig zunächst in expliziter Form vorliegt und diese Form auch immer wieder annehmen kann. Die Expertiseforschung, und dabei für die Technik im Speziellen die Erforschung der beruflichen Expertise, kann aufzeigen, wie implizites technisches Wissen jenseits des technischen Könnens entsteht.

Eine allgemeine, häufig zitierte Definition eines Experten liefert Posner: „Ein Experte ist eine Person, die auf einem bestimmten Gebiet dauerhaft (also nicht zufällig und singular) herausragende Leistung erbringt“ (Posner in Chi et al. 2014). Diese Definition ist sehr allgemein und subsumiert damit alles, was in der psychologischen Forschung als Expertise angesehen wird, nämlich Leistungsstärke im relevanten (betrachteten) Bereich (vgl. Gruber 1994, S. 10). Die Expertiseforschung arbeitet bei der Suche nach Experten und in der Erforschung des Expertentums mit dem Vergleich

---

des Experten mit dem Novizen. Im Vergleich zum Experten ist der Novize im betrachteten Bereich performanzarm. Das bedeutet nicht, dass Novizen nichts über das Untersuchungsgebiet wissen, in dem der Vergleich stattfindet. Sie sind aber Anfänger auf dem Gebiet. Diese Vergleiche bergen Vor- und Nachteile. Nachteilig ist, dass Aufgaben bei solchen Vergleichen immer so gestellt werden müssen, dass sie die Novizen nicht überfordern und damit ggf. zu einfach sind, um das Können des Experten angemessen zu beurteilen. Trotzdem ist der Vergleich für die Forschung aussagekräftig, weil man so Gruppen gut trennen und valide Ergebnisse erzielen kann (vgl. Gruber 1994, S. 14-17). Was also macht einen Experten zum Experten? Das beliebteste Thema der Expertiseforschung ist das Schachspiel. Das liegt daran, dass fast jeder das Spiel kennt und hier gut zwischen Menschen, die das Spiel lediglich anhand seiner Regeln beherrschen, und wahren Meistern unterschieden werden kann. Ein Vergleich zwischen Meistern und Novizen kann dabei mit den ELO-Punkten<sup>13</sup>, die ein Schachspieler erreicht, recht gut quantifiziert werden. Im Vergleich mit Novizen macht den Schachmeister nicht ein besseres Gedächtnis aus, sondern vielmehr die Fähigkeit, sinnvolle Muster in Schachstellungen zu erkennen. Schachmeister, im Gegensatz zu Novizen, betrachten dabei weniger einzelne Züge, sondern planen Zugserien voraus (vgl. ebd., S. 20ff.). Konkret in der Forschung wurde der Unterschied über Tests zum Merken von sinnvollen, d.h. möglichen, und nicht sinnvollen Schachstellungen erforscht. Nur ersteres, die sinnvollen Züge, konnten sich Schachmeister besser merken (vgl. Röben 2001, S. 4).

Auch in der beruflichen Bildung beschäftigt man sich mit den Unterschieden von Experten und Novizen. Ein berufsbezogener Experte ist in Erweiterung der eben bereits genannten Definition eine Person, die: „komplexe berufliche Anforderungen bewältigen kann, für die sie sowohl theoretisches (wissenschaftsbasiertes und akademisch vermitteltes) Wissen als auch praktische Erfahrung haben sammeln müssen“ (vgl. Bromme und Rambow 2000, S. 541).

In einem Projekt in diesem Bereich wurde die Expertise von Technikern untersucht (vgl. Rothe und Schindler in Gruber 1996). Dabei mussten Studierende, Hochschul-

---

<sup>13</sup>Ein Großmeister, wie Magnus Carlsen, hatte im Mai 2014 2882 ELO-Punkte, Gelegenheitsspieler haben in der Regel 1000-1200 Punkte. Aus der ELO-Punktzahl errechnet sich die Wahrscheinlichkeit eines Spielers, gegen einen anderen zu gewinnen.

lehrer und Konstrukteure mit langjähriger Berufserfahrung eine Welle dimensionieren. Die Aufgabe war für die Studierenden gerade lösbar, bot aber auch noch für die Konstrukteure Problemcharakter. Die Untersuchung wurde in drei Sitzungen durchgeführt. In der ersten standen allgemeine Fragen zur Homogenisierung der Stichproben und der individuellen Kompetenz im Vordergrund. In der zweiten Sitzung sollte die Konstruktionsaufgabe gelöst und in der dritten verschiedene Begriffe der technischen Wissensdomäne frei assoziiert werden. In den Ergebnissen zeigten sich die Konstrukteure als stärkste Gruppe, gefolgt von den Hochschullehrern und den Studierenden. Dies entsprach der vorherigen Einschätzung des Expertisegrads. Interessant ist die Art und Weise, wie die Aufgabe gelöst wurde:

„Die Konstrukteure minimierten ihren Rechenaufwand, indem sie jene Parameter bestimmten, die logische Schlüsse auf andere zuließen, und sie verzichteten auf genaue Wertbestimmungen, wenn aufgrund ihrer Erfahrungen die Resultate in zulässigen Bereichen liegen würden“ (Rothe und Schindler in Gruber 1996, S. 52).

Die Studierenden berechneten mehr und teilweise auch überflüssige Werte. Die Lehrer arbeiteten eher wie die Konstrukteure, berechneten aber aus Sicherheitsgründen einige Werte mehr als die Konstrukteure.

Die Beschreibung der Vorgehensweise der Konstrukteure als Experten entspricht sehr stark den von Gaycken beschriebenen Methoden zur Komplexitätsreduzierung. Rechnungen werden durch Erfahrungen ersetzt (Normalisierung), Lösungswege als nicht sinnvoll und deshalb als nicht berechnungswürdig ausgeschlossen (Relevanzhierarchisierung). Die Art der so gewonnenen Wissensinhalte mit ihren Abkürzungen und Mustererkennungen entspricht so auch vielen Erklärungen Polanyis zum impliziten Wissen. Implizites technisches Wissen (außerhalb des technischen Könnens) kann also auch nur über Erfahrungen gewonnen werden, da auch diese Mustererkennung einer Erfahrung bedingt. Im Vergleich mit dem (eher sensomotorischen) Können werden aber ehemals explizite Inhalte durch die regelmäßige Nutzung und Erweiterung zu impliziten Wissensinhalten.

Für das technische Wissen ergibt sich zunächst eine Einteilung in explizites und implizites technisches Wissen. Das explizite Wissen ist der Bereich, der in der Erkenntnistheorie als propositionales Wissen bezeichnet wird (vgl. Kapitel 2.1.1). Das implizite kann nochmals aufgespalten werden: zum einen in das technische Können als

sensomotorischer, nicht explizierbarer Bereich und zum anderen in das implizite technische Wissen, welches aus explizitem Wissen durch Erfahrung entsteht und sich in der Normalkonfiguration und vor allem in einem geschulten und effizienten Blick auf technische Sachverhalte zeigt. Der Unterschied zwischen den beiden Bereichen impliziten Wissens liegt zum einen in der Sensomotorik, das technische Können zeigt sich im handwerklichen Umgang mit Technik und zum anderen in den Unterschieden bei der Generierung; implizites technisches Wissen generiert sich durch Erfahrung bei der Anwendung expliziten Wissens oder durch Weitergabe in expliziter Form, während technisches Können im Beobachten und selbst Anwenden nur sehr schlecht explizierbarer Handlungen generiert wird.

Diese Einteilung hat Vincenti sehr gut grafisch (Abb. 4) zusammengefasst und Begriffe zur Unterscheidung des technischen Wissens bestimmt. Das explizite technische Wissen teilt Vincenti nochmal in einen immer explizit bleibenden Teil (den er deskriptives Wissen nennt) und einen nicht immer explizit bleibenden bzw. verfügbaren präskriptiven Teil ein (vgl. Vincenti 1997, S.189f.). Der präskriptive Teil ist der Teil des Wissens, der sich in Normalkonfigurationen und dem geschulten Ingenieurblick zeigt, und/oder sich aus Erfahrung generiert. Dieses Wissen kann implizit oder explizit sein. Wobei anzumerken ist, dass der Unterschied von deskriptiv und präskriptiv fließend ist und sich auch viele Wissensinhalte finden lassen, welche in beide Kategorien passen. Das implizite technische Wissen besteht dementsprechend auch aus dem präskriptiven technischen Wissen und dem technischen Können, welches sensomotorische Fähigkeiten beinhaltet (vgl. ebd, S. 198).



Abb. 4: Technisches Wissen in Anlehnung an Vincenti (vgl. Vincenti 1997, S.198)

Das technische Können wird in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet. Wenngleich das implizite technische Wissen auch Teil des Wissens über Technik ist, unterscheidet sich das technische Können als sensomotorischer Fähigkeit stark vom deskriptiven

und präskriptiven Wissen. Letztere ergeben sich aus der geistigen Beschäftigung mit dem Gegenstand Technik und werden in den bereits analysierten technikphilosophischen Betrachtungen entsprechend systematisiert. Auf diese kann und wird dementsprechend innerhalb der Arbeit auch zurückgegriffen. Die Erfassung und Kategorisierung sensomotorischer Prozesse müsste mit entsprechenden Mitteln (wie beispielsweise dem Beobachten von in einer Werkstatt Handelnder) untersucht werden, die sich stark von den verbalisierbaren Anteilen, also dem deskriptivem und dem präskriptiven Wissen, unterscheiden. Die Beschäftigung mit dem technischen Können im Bereich des sensomotorischen, bedarf einer eigenen Arbeit mit entsprechenden Vorarbeiten zu den Grundlagen sensomotorischer Prozesse.

---

## 5 Technisches Wissen und die Erforschung technischer Begabung und Intelligenz

Nachdem die technikphilosophischen Betrachtungen des technischen Wissens analysiert wurden, wird jetzt eine sich davon unabhängig entwickelte Perspektive auf Technik untersucht: die Begabungs- und Intelligenzforschung. Diese Untersuchung erfolgt aus zwei Gründen. Der erste Grund ist die Modellbildung. Bei der Erforschung der technischen Begabung und der technischen Intelligenz haben sich eigene Modelle des Gegenstandsbereichs Technik entwickelt. Diese Modelle beinhalten, bedingt durch das Ziel ihrer Benutzung zur Beurteilung von Personen hinsichtlich ihrer technischen Leistungsfähigkeit, auch Möglichkeiten zur Differenzierung des zugrundeliegenden technischen Wissens. Ein Konzept zur Kategorisierung technischen Wissens für die technische Bildung, wie es in dieser Arbeit entwickelt werden soll, ist nicht nur auf die Technik (als Sachsystem) bezogen, wie beispielsweise bei Ropohl, sondern wandelt sich mit dem Bildungsstand des Wissenden. Die Frage nach der Leistung im technischen Bereich ist damit die Frage nach der Entwicklung technischen Wissens. Der zweite Grund für die Betrachtung der Intelligenz- und Begabungsforschung im Bereich Technik sind die möglichen Implikationen für den sich anschließenden empirischen Teil. Die Frage, was technische Intelligenz oder technische Begabung ausmacht ist auch immer die Frage danach, wie diese erfasst werden kann. Somit schließt sich der inhaltlichen Analyse eine Analyse der Methoden an. Konkret werden nach einer allgemeinen Klärung des Begabungsbegriffs zunächst zwei Modelle technischer Begabung vorgestellt. Diesen Modellen schließt sich eine Definition der allgemeinen Intelligenz, eine Verortung der Technik in der allgemeinen Intelligenz und Beschreibung der gängigen Tests zum Messen der technischen Intelligenz an. Die Betrachtungsweisen werden im Anschluss hinsichtlich des technischen Wissens und der Messmethodik analysiert.

### 5.1 Technische Begabung

In der deutschen Begabungsforschung gibt es ein empirisch entwickeltes Modell für technische Begabung. Es wurde in den 1980er Jahren in der DDR im Rahmen einer Dissertation von Sabine Lochner (vgl. 1988) entwickelt und hat Eingang in verschiedene Untersuchungen zur Begabung gefunden, wie beispielweise dem Hector-Seminar zur Begabtenförderung im MINT-Bereich (vgl. Heller 2009). Aber auch schon

vorher wurden, im Hinblick auf Begabungsmessung und Eignungsdiagnostik, verschiedene Modelle technischer Begabung entwickelt. Zusammenfassend hat Bernhard Bonz (1962) aus diesen ein Modell technischer Begabung skizziert. Die Beschäftigung mit der technischen Begabung anhand dieser Modelle macht zunächst eine kurze Definition des Begabungsbegriffs notwendig, da es für diesen Begriff keine allgemeinverbindliche Definition innerhalb der Begabungsforschung gibt (vgl. Ziegler 2010, S. 937).

### **5.1.1 Begabung allgemein**

Auch, wenn die Begabung ein prosperierendes Forschungsfeld ist, gibt es, wie eingangs erwähnt, keine einheitliche Definition des Begriffs Begabung. Je nach Modell ist Begabung das Erbringen von Hochleistungen auf beliebigen Gebieten oder nur auf einem einzigen Gebiet (vgl. Heller 2001, S. 22). Manchmal wird Begabung auch als Potenzial eines Menschen zur Erzielung hoher Leistungen in einem Gebiet, welches genetisch determiniert ist, definiert (Deiglmayr et al. 2017).

Zu dieser Unklarheit kommt, dass das Messen und damit Nachweisen von Begabung einige Probleme mit sich bringt (vgl. Ziegler 2010, S. 938f.): Wenn Begabung als Hochleistung auf einzelnen Gebieten betrachtet wird, stellt sich die Frage, welches Gebiet zu untersuchen ist. Die Wahl fällt dabei meistens auf berufliche, künstlerische oder sportliche Gebiete, alltägliche wie beispielsweise staubsaugen werden eher vernachlässigt, was jedoch eine nach wissenschaftlichen Maßstäben nicht rechtfertigbare willkürliche Auswahl darstellt. Damit kann die Auswahl von Begabungen in Begabungsmodellen beliebig sein. Schwierig ist auch die Auswahl von Indikatoren. Beispielsweise könnte die Sprunghöhe bei Hochspringern als Indikator für die Begabung gesehen werden. Man könnte aber auch die angewandte Sprungtechnik mitbewerten. Je nachdem, welchen Indikator man nimmt, würden verschiedene Begabungsbewertungen stattfinden. Auch muss eine Messung anhand einer Referenz erfolgen. Die Referenzwerte sind aber von sehr vielen Faktoren abhängig. Im Beispiel Hochsprung könnten neben dem Maßstab Sprunghöhe auch Abhängigkeiten zum Alter im Vergleich zur Sprunghöhe, zur Wiederholbarkeit der Sprunghöhe oder zum Leistungszuwachs im Vergleich zu anderen Hochspringern beim Festlegen einer Begabungsreferenz eine Rolle spielen. Auch die Bestimmung einer Person als begabt

---

scheint sehr schwierig. Ab wann eine Person als begabt gilt (z.B. bei der Zugehörigkeit zu den oberen 10 % einer Verteilung) ist umstritten. Einen Standard dafür gibt es nicht.

Trotz dieser Schwierigkeiten wird im Bereich der Begabung mit verschiedenen Modellen geforscht. Das hat zum größten Teil pragmatische Gründe wie das Wohlergehen von Personen (gerade von Kindern), die ob ihrer (Hoch-)Begabung spezielle Lernumgebungen benötigen, oder der Auswahl geeigneter Kandidaten für eine bestimmte Aufgabe (Ziegler in Tippelt 2010, S. 939).

Für die Erklärung der Leistungseminenz von Begabten gibt es verschiedene Modelle. Man unterscheidet in der Begabungsforschung meist zwischen unidimensionalen und mehrdimensionalen Komponentenmodellen. Unidimensionale Modelle sehen einen einzelnen Indikator für Begabung (zumeist die Intelligenz oder die Kreativität) und sind dementsprechend Modelle, die Begabung als die Möglichkeit der Erbringung von Hochleistung auf beliebigen Gebieten definieren. Ein Spezialfall ist darum Howard Gardner, der unidimensional sieben Intelligenzen definiert hat (vgl. Gardner 2005), welche zu Höchstleistungen im jeweiligen Intelligenzgebiet befähigen. Da für dieses Modell jedoch keine Messmethoden existieren, hat es wenig Einfluss auf die Begabungsforschung (vgl. Ziegler 2010, S. 941). Multidimensionale Komponentenmodelle sehen verschiedene Indikatoren wie z.B. Intelligenz, Kreativität und Motivation in der Kombination als Begründung für Begabung vor (vgl. ebd. S. 941). Ein anderer, der Expertiseansatz, in der Begabungsforschung ist mehr kognitions- und persönlichkeitspsychologisch begründet. Dabei wird untersucht, unter welchen (Kontext)Bedingungen Leistungseminenz entsteht (vgl. ebd. S. 942f.). Dies geschieht im Vergleich von Experten und Novizen auf einem bestimmten Gebiet wie es bereits in Kapitel 4 beschrieben wurde. Die Begabung ergibt sich dieser Theorie nach aus den effizienten Lernprozessen des Begabten. Damit wird im Vergleich zu den Komponentenmodellen der Einfluss persönlicher Voraussetzungen geringer geschätzt. Das ist problematisch, weil der IQ beispielsweise ein sehr guter Prädiktor für die Leistungsfähigkeit eines Menschen in z.B. Schule und Beruf ist (vgl. ebd. S. 943).<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Siehe hierzu und generell als kritische Betrachtung verschiedener Begabungsmodelle die Anmerkungen von Detlev Rost z.B. in: (Rost 2009a) oder (Rost in Ullrich 2008, S.60-77)

Synthetische Modelle integrieren, wie beispielsweise das Münchener Begabungs-Prozess-Modell, sowohl personeninterne Begabungsfaktoren, wie den IQ oder Vorwissen, als auch Umweltfaktoren, wie z.B. das Lernklima und Personencharakteristika wie z.B. Willensstärke, zu einem Gesamtmodell (vgl. Ziegler 2010, S. 944f.). Der dargestellte Begabungsprozess kann dann in verschiedenen Leistungsbereichen, wie z.B. Mathematik, Sprache oder auch Technik, wirken (vgl. Heller 2001, S. 24f.). Abschließend zeigt sich, dass Begabung durch verschiedene Faktoren entsteht. Nimmt man das Münchener Begabungs-Prozess-Modell, erkennt man auch die Wichtigkeit des Wissens (als domänenspezifische Vorkenntnisse) als Faktor, um Leistung zu erbringen.

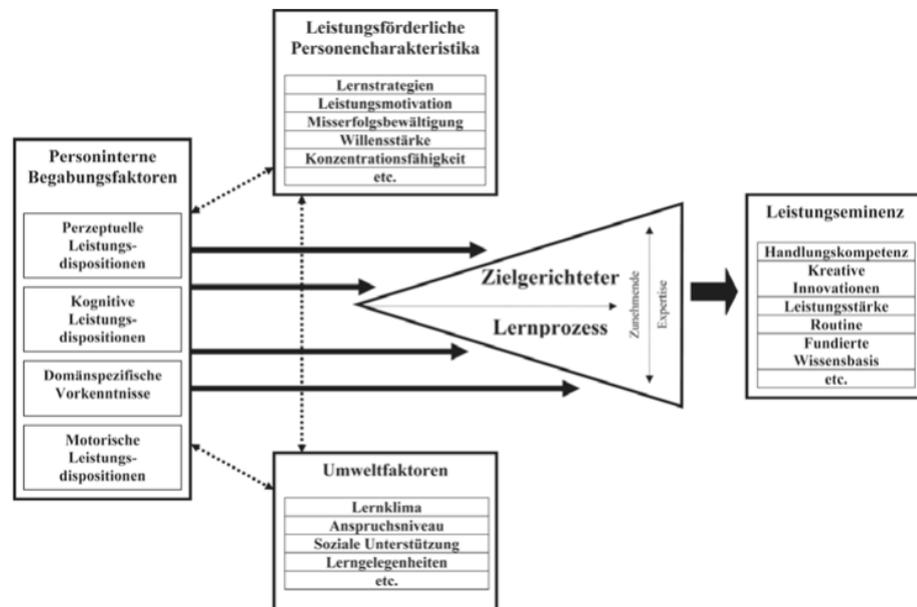


Abb. 5: Das Münchener Begabungsprozessmodell (vgl. Heller 2007, S. 238)

### 5.1.2 Modelle der technischen Begabung

Allgemeine Begabungsmodelle können nur beschreiben wie Begabung zustande kommt, nicht was Begabung in einer bestimmten Domäne ausmacht. Musikalische Begabung könnte z.B. das Beherrschen eines Instruments sein, vielleicht in Verbund mit der Fähigkeit, schnell Noten lesen zu können usw. Für die technische Begabung von Schülern gibt es ein Modell von Lochner, welches verschiedene Faktoren für Begabung beschreibt (Lochner 1988).

---

Sie definiert vorwissenschaftliche technische Begabung wie folgt:

„Auf das Vorliegen einer technischen Begabung beim Individuum kann nach Auffassung des Autors dann geschlossen werden, wenn technische Intelligenz, technische Kreativität und technisches Schöpfertum intra- und interindividuell überdurchschnittlich bezogen auf die Alters- bzw. Ausbildungsstufe ausgeprägt sind“ (Lochner 1988, S. 65).

Zum Modell von Lochner ist anzumerken, dass es 1988 in der DDR entstanden ist. Dies macht die damaligen Fragebögen inhaltlich für eine heutige Untersuchung (wegen der den Aufgaben zugrundeliegenden nicht mehr aktuellen Aufgabenstellungen) uninteressant. Trotzdem ist es die einzige empirische Betrachtung der technischen Begabung, zumindest im deutschsprachigen Raum, weshalb die Definition z.B. in einem Modell für die Begabtenförderung im MINT-Bereich (vgl. Heller 2009, S. 13f.) weiterhin Verwendung findet.

Die Definition macht einige Erklärungen notwendig. Als technische Intelligenz ist innerhalb der Definition die „Befähigung zur Bildung, Umstrukturierung und Speicherung technischer Wissensstrukturen“ (Lochner 1988, S. 20) gemeint. Eine Definition von Begabungsfaktoren benötigt notwendigerweise eine Steigerungsmöglichkeit. Technische Intelligenz ist umso höher, je sicherer und größer die logischen Denkoperationen sind, je umfangreicher und detaillierter das ereignis- und merkmalsbestimmende Wissen ist und je übersichtlicher und beziehungsreicher die Wissensstrukturen sind (vgl. Lochner 1988, S. 24ff.). Die der Lochner'schen Definition zu Grunde liegenden Wissensstrukturen sind die Kategorien technischen Wissens nach Ropohl in einer sehr frühen Form. Sichtbar wird die Steigerung in Umfang und Detaillierungsgrad. In den Ropohl'schen Kategorien technischen Wissens findet Lochner diese Steigerung vom funktionalen Regelwissen bis zum technologischen Gesetzeswissen. Anzumerken ist, dass die Kategorien technischen Wissens bei Ropohl (sieht man vom funktionalen und strukturellen Regelwissen ab) nicht notwendigerweise eine Reihe aufeinander aufbauender Wissenszuwächse sind, Ropohl definiert sie auch nicht so.

Technische Kreativität ist für Lochner „Befähigung zum Entwickeln, Variieren und Abbilden technischer Lösungsideen“ (Lochner 1988, S. 20). Für diese Definition orientiert sich Lochner an den von Ellis Paul Torrance für einen Kreativitätstest (Torrance tests of creative thinking (vgl. 1966)) entwickelten Faktoren: Flüssigkeit (Anzahl der Ideen), Flexibilität (Ausmaß der inhaltlichen Differenzierung, Spannweite der herangezogenen inhaltlichen Bezüge), Originalität (Auftrittshäufigkeit, Seltenheit) und Elaboration (Detailliertheit). Für Lochner sind davon drei Merkmale bestimmend und machen eine Steigerung messbar: Flexibilität (die Anzahl neu gefundener Prinzip- und Gestaltlösungen), Originalität (die Nutzung verschiedener technischer Prinzipien zur Lösung eines Problems) und Detailliertheit (die Höhe der Konkretisierungsstufe der Lösung und die Menge der Information für die Lösung). Technische Kreative haben die Fähigkeit „Lösungsideen schnell und stetig zu produzieren, indem sie Reproduktion und Reorganisation (Variation) miteinander koppeln“ (Lochner 1988, S. 43). Zur Messmethodik merkt Lochner noch an, dass Schülerlösungen dabei nicht mit Expertenlösungen verglichen werden dürfen. Eine Lösung kann für einen Schüler originell sein, auch wenn sie in der Industrie vielleicht als „normal“ gilt (Lochner 1988, S.42ff.). Diese Anmerkung ist generell für die Betrachtung von Schülern zu berücksichtigen.

Technisches Schöpfertum definiert Lochner als „Befähigung zum theoretischen Entwerfen und praktischen Vergegenständlichen der optimalen technischen Lösung“ (Lochner 1988, S. 20). Zwei Bereiche sind dabei für Lochner entscheidend: das theoretische technische Schöpfertum, das sich in der Bildung von Theorien oder im konkreten Entwerfen zeigt und das praktische Schöpfertum, das beim konkreten Vergegenständlichen einer Idee geschieht. Dabei geht es im Vergleich zur Kreativität nicht mehr nur um eine möglichst detailreiche Lösung, sondern auch um die Bewertung dieser. Das Schöpfertum ist somit umso höher einzuschätzen, je realistischer eine Lösung ist (vgl. Lochner 1988, S.51 ff.).

Die Begabung zeigt sich, wie auf Abbildung 4 zu sehen ist, in der Interaktion zwischen den drei Faktoren im Austausch zwischen Erkenntnistätigkeit (dem Verstehen) und der Arbeitstätigkeit (dem Handeln mit der Technik).

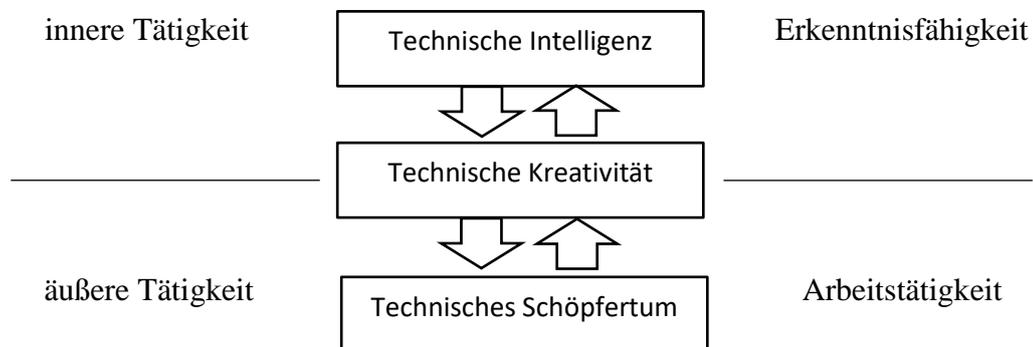


Abb. 6: Indikatoren technischer Begabung nach Lochner (1988, S.20)

Bernhard Bonz (vgl. 1962, S.61-73) beschrieb schon 1962 als Kritik an den unklaren Definitionen der Begriffe im Bereich der technischen Begabung ebenfalls verschiedene Arten technischer Leistungen: die technische Alltagsbegabung, das technische Verständnis, die technisch-praktische Begabung und die technische konstruktive Begabung.

Die technische Alltagsbegabung ist für Bonz die Fähigkeit, mit der alltäglichen technischen Umwelt zurechtzukommen und sich mit ihr auseinandersetzen zu können. Es ist das Verständnis von Wenn-Dann-Verknüpfungen. Es genügt dabei das Wissen, „welchem technischen Erfolg die Betätigung der Einrichtung folgt“ (Bonz 1962, S.62). Der Tritt auf das Bremspedal bewirkt die Verzögerung eines PKWs.

Das technische Verständnis ist demgegenüber die Erfassung der einem technischen Objekt eigenen Wirkzusammenhänge. Es kann also aus dem Aufbau die Wirkung hergeleitet werden. Es kann die Wirkungskausalität erkannt werden. Außerdem werden die Kräfte und Spannungen als statische oder dynamische Belastung und die daraus resultierenden Bewegungen oder Bewegungstendenzen technischer Objekte verstanden. Dazu zählt auch, die Kombination beider Fähigkeiten, also Kausalitäten zwischen Wirkzusammenhängen und Kräften, zu erkennen und solche Probleme durch gedankliches Probieren zu lösen.

Die praktisch-technische Begabung ist bei Bonz (manuelles) Geschick im Umgang mit Technik, dem auch ein technisches Verständnis zu Grunde liegt. Dieses kann

jedoch nicht unbedingt vom „Praktiker“ expliziert werden. Zusammengefasst ergibt sich „die Begabung mit Dingen gut, praktisch und in sach- und zielgerechter Weise umgehen zu können, wie es für eine handwerkliche Tätigkeit notwendig ist“ (Bonz 1962, S.64).

Bei der technisch-konstruktiven Begabung argumentiert Bonz mit dem Begriff der „finalen Gestaltung“ bei Dessauer (vgl. Kapitel 3.1). Bonz schreibt dazu: Technische Elemente werden „im Hinblick auf den primär vorliegenden ‚Gedanken des Apparates‘“ (Bonz 1962, S. 65) ausgewählt und kombiniert. Wesentlich bei der technisch-konstruktiven Begabung ist die Fähigkeit, sich den technischen Gegenstand dafür vorher vorstellen zu können. Dies bezeichnet Bonz als „vorgestellte Vergegenständlichung“ (ebd., S. 65). Die technisch-konstruktive Begabung ist damit entgegengesetzt zum technischen Verständnis: Beim technischen Verständnis wird aus dem Objekt auf die Funktion und deren Wirkzusammenhänge geschlossen, beispielsweise wird ein Objekt als Fahrzeug erkannt. Bei der konstruktiven Begabung wird von der gewünschten Funktion über dafür notwendige Wirkzusammenhänge ‚gedanklich‘ auf ein Objekt geschlossen. Beispielsweise könnte die gewünschte Funktion die Fortbewegung sein und aus dieser Funktion dann gedanklich ein Fahrzeug konstruiert werden, das diesem Wunsch entspricht. Laut Bonz ist dabei die Richtung Objekt – Funktion eindeutig, während die Richtung Funktion – Objekt (in der Technik) mehrdeutig ist (vgl. ebd. 1962, S.65f.). Für Bonz ist im Hinblick auf diesen Unterschied wichtig, dass Testaufgaben dieser Unterscheidung Rechnung tragen. Die Eindeutigkeit des Schlusses von Objekt zu Funktion ist jedoch kritisch zu sehen. Für ein komplexes Objekt wie einen PKW mag der Schluss eindeutig sein, es dient der Fortbewegung von Personen und vielleicht ihres Gepäcks. Nimmt man jedoch beispielsweise nur das Rad unabhängig vom PKW als technisches Objekt an, kann die Funktion auch mehrdeutig sein. Bonz unterscheidet im Hinblick auf das Konstruieren noch zwischen zwei Arten: zum einen das Konstruieren am Werkstück, was er als vergangene Form (vor der Einführung der industriellen Arbeitsteilung) betrachtet. Gemeint ist damit, dass die Konstruktion in der direkten Interaktion zwischen dem Ergebnis des Fertigungsprozesses und der gedanklichen Vorwegnahme entsteht, wenn beispielsweise ein Holzstück an ein Werkstück angehalten wird, um zu prüfen, ob es an die Stelle passt. Zum anderen das Konstruieren mittels Zeichnungen als mo-

---

derne Form, in der alle konstruktiven Fragen dem Fertigungsprozess vorweggenommen werden. Wobei er einräumt, dass die erstere Form in der Praxis auch immer noch als Ergänzung dienen kann (vgl. Bonz 1962, S.67f.).

Insgesamt zeigt sich, dass technische Begabung sowohl bei Lochner als auch bei Bonz im Bereich des Entschlüsselns der Funktion eines technischen Objektes und im Konstruieren technischer Objekte verortet wird. Wobei gerade ersteres ein detailliertes und umfangreiches Wissensspektrum voraussetzt, das dementsprechend bei Lochner im Bereich der technischen Intelligenz als Voraussetzung verortet wird. Aber auch das Konstruieren zum Zweck der Entwicklung einer technischen Lösung für ein spezifisches Problem setzt die Kenntnisse der für die Lösungsfindung notwendigen Einzelteile oder Techniken voraus, weil der Schluss vom Objekt auf die Funktion das Erkennen zumindest einzelner Bauteile voraussetzt, anhand derer die Funktion abgeleitet werden kann.

## 5.2 Technische Intelligenz

Um sich nun der technischen Intelligenz zu nähern, ist es zunächst notwendig, die Frage zu beantworten, was Intelligenz allgemein ist, um eine klare Abgrenzung zum oft synonym gebrauchten Begriff der Begabung zu ermöglichen. Im Anschluss daran werden der Bereich der Technik in der allgemeinen Intelligenzforschung verortet und Testverfahren vorgestellt.

### 5.2.1 Intelligenz allgemein

Eine allgemeine Definition des Begriffs Intelligenz, welche von den meisten Intelligenzforschern akzeptiert wird und die aus einem Artikel im Wall Street Journal stammt, zitiert Ian Deary in seinem einführenden Werk „Intelligenz“ (der Artikel selbst war Ausdruck eines Streits über die Implikationen von Intelligenzmessungen in den 1990ern):

„Intelligenz ist eine sehr allgemeine mentale Eigenschaft, die unter anderem die Fähigkeiten umfasst, zu denken, zu planen, Probleme zu lösen, abstrakt zu denken, komplexe Vorstellungen zu erfassen, schnell zu lernen und aus Erfahrung zu lernen. Es handelt sich nicht um Buchwissen, akademische Fähigkeiten oder ein Talent zur Lösung von Intelligenztesten. Es handelt sich vielmehr um umfassende Fähigkeiten, die uns ermöglichen, unser Umfeld zu verstehen, zu begreifen, Sinn zu erkennen und Handlungsstrategien zu entwickeln.“ (Deary 2013, S.49)

Im Vergleich mit dem Begriff der Begabung aus dem vorhergehenden Kapitel gibt es große Ähnlichkeit. Oftmals werden beide Begriffe in der Literatur synonym gebraucht (vgl. Heller 1976, S. 7). Kurt Heller differenziert die Begriffe anhand ihrer Spezifität. Während Intelligenz eine hochgradig allgemeine Fähigkeit darstellt, ist Begabung zusätzlich von vielen anderen Faktoren, wie beispielsweise soziokulturellen Einflüssen, bestimmt und eher domänenspezifisch (vgl. Heller 1976, S. 8ff.). Wenn in dieser Arbeit von technischer Intelligenz gesprochen wird, sind damit die von Heller beschriebenen allgemeinen Fähigkeiten gemeint, die in allgemeinen Intelligenzmodellen dem Bereich der Technik zugeordnet werden können.

Theorien zur Intelligenz lassen sich in drei Gruppen aufteilen (vgl. Rost 2013, S. 39ff.): A-priori-Modelle, A-posteriori-Modelle und dazwischenliegende Modelle. A-priori-Modelle entstehen durch geisteswissenschaftlich-konzeptuelle Überlegungen, meistens ohne Nutzung oder Integration empirischer Methoden oder Befunde. Die

---

A-posteriori-Modelle sind die im Folgenden diskutierten, auf Basis erfahrungswissenschaftlicher Erhebungen konzipierten Modelle. Dazwischenliegende Modelle versuchen die Kombination beider Ansätze.

Der erste Forscher, der von einer allgemeinen Intelligenz sprach, war Charles Spearman, der 1904 bei der Auswertung von Schulzeugnissen auf Zusammenhänge stieß, welche er auf eine allgemeine Intelligenz zurückführte und mit dem Faktor *g* benannte. Es folgte ein längerer Streit darüber, ob es eine allgemeine Intelligenz gibt. Bekannt aus dieser Zeit ist vor allem das Modell von Louis L. Thurstone, der ein Modell mit sieben unabhängigen Faktoren entwickelte. Seit den 1940er Jahren zeichnete sich jedoch ab, dass bei allen Intelligenztests mit größeren Gruppen positive Korrelationen gefunden wurden, die auf einen Generalfaktor *g* für die Intelligenz hindeuteten (vgl. Deary 2013, S. 42). Moderne Intelligenzmodelle haben noch eine weitere Gemeinsamkeit, ihren hierarchischen Aufbau. Erstmals von Philip E. Vernon in den 1950ern beschrieben, ist es in der modernen psychometrischen Intelligenzforschung unstrittig, dass Intelligenz in einem hierarchischen Modell dargestellt werden kann. Als Standard gilt dabei das 3-Schichten-Modell von Carroll von 1993. In diesem gibt es einen Generalfaktor *g* an der Spitze und untergeordnete Faktoren, die stark miteinander korrelieren und deshalb diesem Generalfaktor zugeordnet werden können (vgl. Rost 2013, S.64). In den untergeordneten Faktoren finden sich in diesen Modellen Hinweise auf die Struktur technischer Intelligenz.

Widerstand gegen solche Modelle kommt seit Mitte der 1985er Jahre vor allem von der Forschergruppe um Howard Gardner. Er beschreibt in seinem Buch „Abschied vom IQ“ (vgl. Gardner 2005) und in danach dazu erschienenen Ergänzungen ein alternatives Intelligenzmodell, welches von sieben Intelligenzen spricht, wobei im Laufe der Zeit weitere Intelligenzen dazugekommen sind. Dies ist jedoch höchst umstritten. Gardner wird unter anderem vorgeworfen, dass die von ihm als neu bezeichneten Intelligenzen schon in anderen Theorien integriert sind (vier davon finden sich z.B. bei Thorndike) und dass er nie den Beweis der von ihm unterstellten Unabhängigkeit der Intelligenzen voneinander erbracht hat. Auch wird die Methodik seiner

Untersuchungen stark kritisiert. Siehe hierzu beispielsweise (Rost 2009a, S.94, Rost 2009b, S.75-83, Rost 2013, S. 95, Deary 2013, S. 46 oder Perleth 2008, S. 18). Da der Bereich der Technik in keiner der beschriebenen Intelligenzen näher betrachtet wird, wird diese Forschung in der Arbeit nicht näher beleuchtet.

### 5.2.2 Technik in der allgemeinen Intelligenzforschung

Für die Entwicklung eines Tests zum mechanisch-technischen Verständnis hat Verena Hartweg in ihrer Dissertation die dafür bestimmenden Aspekte aus der Intelligenzforschung gefiltert (vgl. Hartweg 2010, S.49-60). Im Anschluss werden einige Erkenntnisse daraus im Hinblick darauf, was Technik aus Sicht der Intelligenzforschung ausmacht, analysiert.

Ein erster Hinweis findet sich bei Thurstone. Er betrachtete Intelligenz als Zusammenspiel von sieben Fähigkeiten, die unterschiedlich stark ausgeprägt sein können. Diese Fähigkeiten nannte er „primal mental abilities“ (Tabelle 7). Thurstone ging davon aus, dass es keinen gemeinsamen Gruppenfaktor gibt und die Fähigkeiten voneinander unabhängig sind.

Memory	number	Perception	reasoning	space	verbal	word fluency
Gedächtnis, mechanisches Gedächtnis, Merkfähigkeit	Rechenge-wandheit, Re-chenge-schwindigkeit bei einfachen Aufgaben, elementares Rechnen, Leichtigkeit im Umgang mit Zahlen	Wahrneh-mungsge-schwindigkeit, Schnelligkeit der Auffas-sungsge-schwindigkeit, Auffassungs-schnelligkeit	Schlussfol-gerndes Den-ken, logisches Denken, Prob-lem lösen, abs-traktes Den-ken	Raumvorstel-lung, räumli-che Bezie-hung, räumli-che Verhält-nisse, räumli-ches Vorstel-lungsvermö- gen, räumli- che Vorstel-lungsfähigkeit	Wortverständ-nis, Sprachbe-herrschung, sprachliche Gewandtheit, sprachliches Verständnis, Wortbedeu-tungserkennt-nis, einfaches sprachlogi-sches Denken	Wortflüssig-keit, Geläufig-keit des Wort-schatzes

Tabelle 7: Intelligenzfaktoren nach Thurstone (Übersetzung nach Rost 2013, S. 50ff.)

Nachdem er dieses Modell entwickelt hatte, beschäftigte sich Thurstone intensiv mit dem mechanisch-technischen Verständnis. Dabei ergaben sich zwei wichtige Erkenntnisse: Gute Leistungen im Bereich des mechanisch-technischen Verständnisses hängen mit den Leistungen im Bereich „space“ aus seiner allgemeinen Theorie zur Intelligenz, also mit den räumlich-visuellen Fähigkeiten, zusammen (vgl. Hartweg 2010, S. 52f.). Außerdem stellte Thurstone fest, dass die Leistungen von Probanden

im Test mit ihrem Interesse an Technik zusammenhängen. Probanden mit hoher Leistung waren auch interessierter an Technik. Dass die räumlich-visuellen Fähigkeiten wichtig für die Leistungsfähigkeit ist, bestätigt die Theorien zur technischen Begabung. Gerade Bonz beschreibt beim Konstruieren das gedankliche Vorwegnehmen einer Konstruktion (vgl. Kapitel 5.1.2).

Vernon entwickelte in den 1950ern ein erstes hierarchisches Intelligenzmodell, an dessen Spitze ein allgemeiner Faktor  $g$  steht und unter dem zwei breite Gruppenfaktoren zu finden sind, die sich dann weiter auf enge Gruppenfaktoren und darunter auf spezifische Faktoren aufteilen.

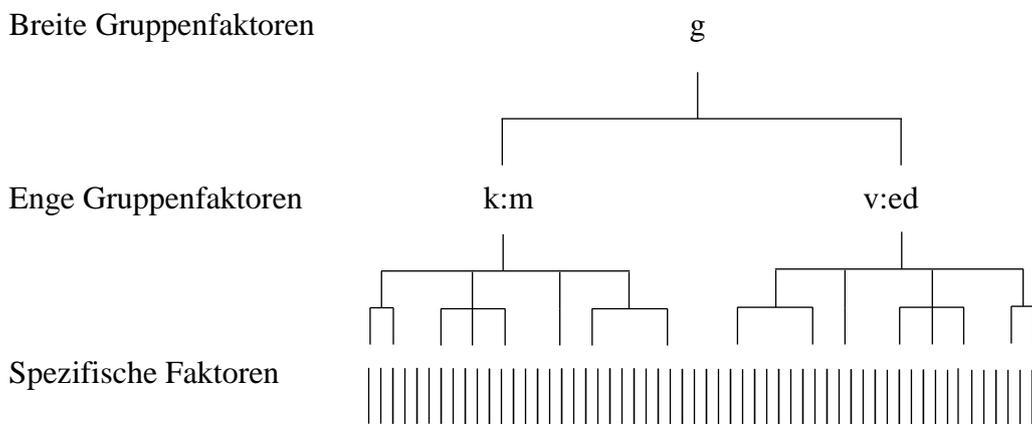


Abb. 7: Hierarchisches Intelligenzmodell nach Vernon (nach Rost 2013, S. 65)

Die beiden breiten Gruppenfaktoren sind (vgl. Rost 2013, S.67):

- v:ed (verbaler, numerischer, schulischer Gruppenfaktor)
- k:m (praktischer, mechanischer, räumlicher, physikalischer Gruppenfaktor)

Während sich die Leistungen im Bereich v:ed vor allem auf verbale und numerische Schulbildung beziehen, ergibt sich im Bereich k:m ein heterogeneres Bild (vgl. Hartweg 2010, S. 54). In k:m sind Leistungen im technischen, handwerklichen und zeichnerischen Bereich genauso zu finden wie psychomotorische, physisch-athletische Leistungen oder das räumliche Vorstellungsvermögen (vgl. Rost 2013, S.67f.).

Vernon bleibt der einzige Intelligenzforscher, der das Technische in seinem Modell direkt erwähnt. Vernon beschreibt zudem, dass Tests mit Manipulationsaufgaben im Bereich Technik und Paper-pencil-Tests wie der im folgenden Kapitel beschriebene

Mechanical Comprehension Test (vgl. Kapitel 5.2.3) ähnliche Faktoren seines Intelligenzmodells zuzuordnen sind (vgl. Hartweg 2010, S. 60). Dies deckt sich auch mit späteren Ergebnissen, sodass Hartweg zu dem Schluss kommt, dass Paper-pencil-Tests zur Messung des technischen Verständnisses geeignet sind (vgl. ebd., S.60) und auch selbst einen Paper-pencil-Test für das mechanisch-technische Verständnis entwickelt.

Das bisher bekannteste Modell für die allgemeine Intelligenz ist 1993 von Carroll vorgestellt worden. Dabei hat er nicht selbst empirisch Daten erhoben, sondern durch die faktorenanalytische Untersuchung von 477 empirischen Studien ein Modell zur Intelligenz entwickelt, welches sich aus drei Schichten (Strata) zusammensetzt, die wiederum verschiedene Fähigkeiten zusammenfassen. Stratum I besteht dabei aus 70 verschiedenen Fähigkeiten, die auf Stratum II zu acht allgemeinen Fähigkeitsbereichen zusammengefasst werden können. Stratum III schließlich ist die allgemeine Intelligenz 3G (vgl. Abb. 8).

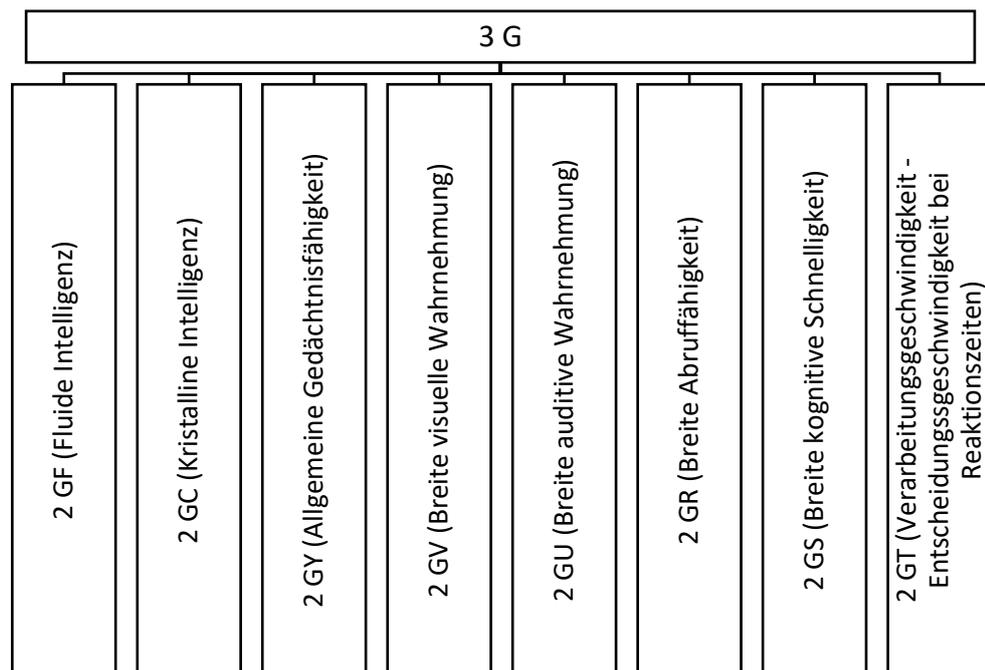


Abb. 8: Stratum 2 und 3 des Intelligenzmodells von Carroll nach Rost (vgl. S. 83ff.)

Laut der Analyse von Hartweg lässt sich dabei das technische Verständnis vor allem drei Bereichen des Stratums zwei zuordnen, nämlich der breiten visuellen Wahrnehmung (2GV), der fluiden Intelligenz (2GF) und der kristallinen Intelligenz (2GC), welche Ähnlichkeiten mit den von Thurstone im Bereich Mechanik-Technik ausgemachten Bereiche haben (vgl. Hartweg 2010, S. 56).

---

Der breiten visuellen Wahrnehmung (2GV) werden im Caroll'schen Modell allgemein alle Aufgaben zugeordnet, die die Wahrnehmung von Formen verlangen (vgl. Rost 2013, S. 84). Ein Unterpunkt ist dabei die Visualisierung. Sie beschreibt im Modell von Carroll die Fähigkeit zum gedanklichen Enkodieren und Manipulieren räumlicher Figuren, welche Hartweg so als wichtig für das mechanisch-technische identifiziert (vgl. Hartweg 2010, S. 56). Ähnlich wie schon bei Thurstone lässt sich diese Einschätzung gut mit der technischen Aufgabe des Konstruierens erklären. Die fluide Intelligenz beschreibt grundlegende Prozesse schlussfolgernden Denkens, die nur minimal von Lernerfahrungen und Akkulturation abhängen (vgl. Rost 2013, S. 84). Im Bereich der fluiden Intelligenz steht für Hartweg vor allem das Schlussfolgern, das Anwenden von Regeln auf Informationen, das Erkennen von Regeln und der mathematische Bereich im Zusammenhang mit dem mechanisch-technischen Verständnis (vgl. Hartweg 2010, S. 56). Die kristalline Intelligenz beschreibt mentale Prozesse, die nicht nur die fluide Intelligenz benötigen, sondern auch durch Erfahrung, Lernen und Akkulturation beeinflusst werden. In diesem Bereich ist das Wissen um Technik und Mechanik entscheidend für das technische Verständnis (vgl. Hartweg 2010, S.54ff.).

### **5.2.3 Testverfahren zur mechanisch-technischen Intelligenz**

Generell ist die mechanisch-technische Intelligenz (von manchen Autoren auch mechanisch-technisches Verständnis oder physikalisch-technisches Verständnis genannt), ähnlich wie das technische Wissen, kein fest definierter Begriff. Die genaueren Definitionen der Begriffe entstehen meistens konkret bei der Entwicklung von Tests, die beispielsweise die Berufseignung in technischen Bereichen untersuchen sollen. In dieser Arbeit wird dazu immer der Begriff technisches Verständnis genutzt.

In der Psychologie werden die Inhalte von Tests zum technischen Verständnis oft mit dem Begriff der „praktischen Intelligenz“ zusammengefasst. Damit werden visuell-technische oder psychomotorische Fähigkeiten zusammengefasst. Dies dient vornehmlich der Abgrenzung von der akademischen Intelligenz, die sich eher auf logisch-analytisches Denken, Wortschatz und Sprachvermögen bezieht (vgl. Rost 2013, S. 164). „Praktische Intelligenz“ ist allerdings nicht nur technisches Verständnis. Auch eine gewisse Lebensklugheit oder Problemlösefähigkeit wird manchmal unter dem Begriff gefasst (vgl. Guthke 1996, S.104f.). Technisches Verständnis ist

nach dieser Definition jedoch nicht als alternative Intelligenz, unabhängig von allgemeinen Intelligenzmodellen, zu verstehen. Je nach Modell können die Fähigkeiten der „praktischen Intelligenz“ in verschiedene Bereiche der bestehenden Hierarchie allgemeiner Intelligenzmodelle integriert werden (vgl. Rost 2013, S. 165). Interessant sind hierzu die Anmerkungen von Wolfgang Roth, der in einer Untersuchung der Struktur von technischer Intelligenz im Hinblick auf die Stufen der sensomotorischen Entwicklung bei Piaget diskutiert, ob „praktische Intelligenz“ eine frühe Form der allgemeinen Intelligenz darstellt (Roth 1974, S. 29f.). In einigen Forschungsarbeiten innerhalb der Intelligenzforschung wurde versucht, der „praktischen Intelligenz“ eine Eigenständigkeit neben der allgemeinen Intelligenz nachzuweisen. Diese werden in der empirischen Intelligenzforschung mit Hinweis auf fehlende empirische Beweise sehr kritisch gesehen (vgl. Rost 2013, S. 17ff.) und dementsprechend in diesem Kapitel der vorliegenden Arbeit nicht weiter beachtet.

Tests zum technischen Verständnis sind meistens aus der Berufseignungsdiagnostik (zunächst im militärischen Bereich) entstanden. Der meistgenutzte Test, der in seiner ersten Fassung im Jahr 1940 entstand, ist der Bennett Mechanical Comprehension Test (MCT) (vgl. Hartweg 2010, S. 61). Ein weiterer bekannter Test, der teilweise auf diesem Test aufbaut, ist der Differential Aptitude Test for Guidance (DAT) von Bennett, Seahore und Wesmam, welcher zuletzt im Jahr 1995 revidiert wurde (vgl. ebd. S. 62). Auch im deutschsprachigen Raum existieren verschiedene Tests. Zu diesen zählen der Mechanisch-Technische Verständnistest (MTVT) von Lienert, der sich stark an dem MCT orientiert und erstmals im Jahr 1958 veröffentlicht wurde (vgl. ebd. S. 63). Außerdem gehört in diese Aufzählung der Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses (PTV), welcher im Jahr 1972 von Amt-hauer veröffentlicht wurde (jedoch schon seit den 1950er Jahren in der chemischen Industrie eingesetzt wurde), sowie der Mannheimer Test zur Erfassung des physikalisch-technischen Problemlösens (MTP) von Mohr und Hoffmann, der im Jahr 1980 veröffentlicht wurde (vgl. ebd. S. 63ff.). Letzterer entstand im Rahmen zweier Dissertationen und orientiert sich ebenfalls am MCT. Der neuste deutschsprachige Test in diesem Bereich ist der im Rahmen einer Dissertation 2010 veröffentlichte Mechanisch-Technische Verständnistest (MeTeV) von Hartweg (vgl. 2010). Tabelle 8 zeigt eine Zusammenfassung dieser Tests und ihre Definition des jeweils gemessenen Untersuchungsgegenstands.

Name	Kurzbezeichnung	Definition des Untersuchungsgegenstands der jeweiligen Autoren (zitiert nach Hartweg 2010, S. 61ff.)
MCT	Bennett Mechanical Comprehension Test	„ability to understand mechanical relationships and physical laws in practical situations“
DAT	Differential Aptitude Test for Guidance	„The Mechanical Reasoning test measures the ability to understand basic mechanical principles of machinery, tools, and motion.“
MTVT	Mechanisch-Technischer Verständnistest	„das Verständnis für mechanische, technische und physikalische Prinzipien und deren Verknüpfung zu komplexeren Vorgängen“ soll erfasst werden
PTV	Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses	„Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses“
MTP	Mannheimer Test zur Erfassung des physikalisch-technischen Problemlösens	„Bestimmung der allgemeinen Fähigkeit zur Lösung physikalisch-technischer Problemstellungen“
MeTeV	Skala zur Erfassung des mechanisch-technischen Verständnisses	„Mechanisch-technisches Verständnis wird hier als die Fähigkeit verstanden, anhand der zu einem technischen System gegebenen Informationen auf Merkmale und Eigenschaften aller oder einzelner Komponenten des Systems sowie auf die Relationen zwischen ihnen zu schließen“ (Hartweg 2010, S. 77)

Tabelle 8: Übliche Tests im Bereich mechanisch-technisches Verständnis

Außer beim PTV liegt laut der jeweils eigenen Definition der Fokus bei allen Tests auf mechanischen Zusammenhängen, manchmal mit dem Zusatz physikalisch. Die Ähnlichkeit verwundert nicht, da die meisten der Tests in Anlehnung an den MCT entstanden sind. Die Items sind dementsprechend sehr ähnlich und werden wie folgt von Hartweg zusammengefasst:

„Die Aufgabe der Probanden besteht darin, anhand einer Zeichnung zu einem technischen System, Schlussfolgerungen über einzelne Komponenten oder Teile des Systems zu ziehen und entsprechend eine aus mehreren Antwortalternativen auszuwählen“ (Hartweg 2010, S.65).

Bei einer Analyse des MTP kann dies bestätigt werden. In allen Aufgaben ist die Analyse einer Abbildung notwendig. Für die Lösungen sind allerdings vor allem physikalische Kenntnisse notwendig. 20 von 26 Aufgaben lassen sich der Mechanik fester und flüssiger Körper bei der Einwirkung von Kräften sowie Optik und Wärmelehre zuordnen, der Rest ist Elektrotechnik oder Logik. Der MTP wird als ATP leicht

modifiziert auch bei der Begabungsdiagnostik in Deutschland im Bereich des physikalisch-technischen Verständnisses eingesetzt (vgl. Heller und Perleth 2007, S.33). Der MeTeV zeigt eine Sammlung von 18 Fragen, die ausschließlich mechanische Bewegungsabläufe betreffen.

Die Analyse macht deutlich, dass die Tests nicht geeignet sind, eine Basis für empirische Untersuchungen des technischen Wissens zu sein. Die zugrundeliegenden Inhalte sind zu einseitig und zu sehr auf mechanische oder andere physikalische Fragestellungen fokussiert.

---

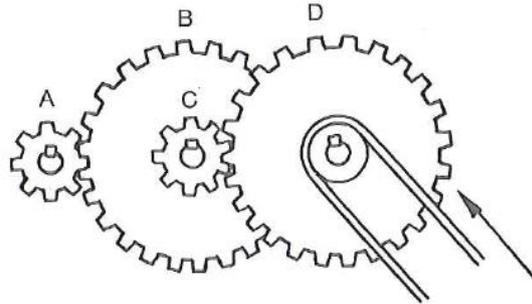
### 5.3 Diskussion der Zusammenhänge

Die Beschreibung des technischen Verständnisses erfolgte in den beiden vorangegangenen Unterkapiteln aus der Perspektive der Begabungsdiagnostik und der allgemeinen Intelligenzdiagnostik. Generell ergibt sich damit ein Wechsel des Blickwinkels auf das technische Wissen. Dieser geschieht weg von der in der Technikphilosophie üblichen Frage nach den Kategorien des technischen Wissens, hin zu der Frage nach der Bewertung der Leistungsfähigkeit beim Umgang mit dem Inhalt. Durch diese andere Sichtweise ergeben sich neue inhaltliche Perspektiven. Denn jeder hier betrachtete Test stellt Fragen zu technischen Sachverhalten, die nur mit Vorwissen zu beantworten sind. Außerdem ergibt sich aus diesem Blickwinkel eine Möglichkeit, das Wissen nicht als statisch (funktionales Wissen ist Wissen über...), sondern als dynamisch und sich als mit dem Lernen und Üben bei einer Person änderndes Konstrukt zu betrachten. Wissen ist in didaktischer Hinsicht unterschiedlich: Eine Person kann nur rudimentäres Wissen über einen Sachverhalt haben, das dem Begriff der Information eher gerecht wird, oder tiefgreifendes Wissen, das auf vielen Ebenen miteinander verknüpft ist.

In den Tests zum technischen Verständnis, die methodisch an der allgemeinen Intelligenzdiagnostik anknüpfen, wird die Leistung durch die Anzahl der gelösten Aufgaben bestimmt. Gemeinsam sind diesen Modellen zwei Faktoren für das technische Verständnis: der räumlich-visuelle und der des Vorwissens. Das Vorwissen ist allerdings weniger eine Frage der mentalen Leistungsfähigkeit, sondern mehr eine Frage der Vorbildung. Einen dem Leistungsgedanken ähnlicheren Ansatz bezüglich des Vorwissens beschreibt Lochner mit der technischen Intelligenz (vgl. Kapitel 5.1.2). Diese ist, in dem von ihr entworfenen Modell technischer Begabung, die Fähigkeit zur Bildung, Umstrukturierung und Speicherung des Wissens über Technik.

Das Räumlich-Visuelle zeigt sich in der Befähigung einer Person, sich ein Objekt vorstellen und es mental manipulieren zu können. In der Leistungsbewertung der meisten Tests zeigt sich die Fähigkeit in der Lösung mechanischer Anordnungen. Beispielsweise wird gefragt, wie sich ein bestimmtes Zahnrad in einem Getriebe verhält.

Für diese Leistung müssen zunächst einige Voraussetzungen erfüllt werden: Das betrachtete technische Sachsystem muss als solches erkannt werden. Man benötigt also Wissen über das Sachsystem. Dazu müssen zwar nicht unbedingt die Begriffe, dafür aber die Funktion und das Aussehen der Objekte des Sachsystems bekannt sein. Teile müssen als beweglich, nicht beweglich oder als miteinander verbunden erkannt werden. Denn zum Erkennen kommt, bedenkt man die Definition des Visuellen, auch die Fähigkeit, eine gedankliche Veränderung vorzunehmen.



Welches Zahnrad dreht sich am langsamsten?  
Besteht kein Unterschied, so markieren Sie E.

Abb. 9: Aufgabe aus dem MTP (Conrad et al. 1980, S.9)

Wenn man eine typische Aufgabenstellung aus der Diagnostik betrachtet (vgl. Abb. 9), die so ähnlich in allen deutschsprachigen Tests zum technischen Verständnis vorkommt, wird das deutlich. Zunächst muss gewusst werden, was ein Zahnrad ist und das zwei Zahnräder, so die Zähne zusammenpassen, eine Kraft übertragen, die eine Drehbewegung um eine Achse ermöglicht. Im Beispiel sollte außerdem gewusst werden, dass ein Riementrieb ebenso eine Kraft übertragen kann. Auch wird vorausgesetzt, dass die Achsen irgendwo drehbar gelagert sind und das die Verbindung mit dem Zahnrad mittels Passfeder geschieht.

Aus dem räumlich-visuellen Faktor des technischen Verständnisses ergeben sich zwei Aspekte: Der visuelle Aspekt ist ein Faktor der allgemeinen Leistungsfähigkeit, wie alle Intelligenzmodelle zeigen. Um diese Leistung im technischen Bereich zu erbringen, müssen allerdings viele Strukturen erkannt werden. Diese Erkenntnis ist nur mit dem entsprechenden Vorwissen möglich. In einer kritischen Betrachtung der Integration des technischen Verständnisses in allgemeine Intelligenzmodelle werfen

---

dazu Mohr und Baumann in den theoretischen Überlegungen zu dem von ihnen entwickelten Mannheimer Test zur Erfassung des physikalisch-technischen Problemlösens (vgl. Mohr und Baumann 1982, S. 102) die Frage auf, ob die Betonung des Raumelements vor allem deshalb geschieht, um das physikalisch-technische Verständnis besser in die Intelligenztheorien integrieren zu können. Sie beantworten sie insofern, als dass sie viele Untersuchungen anführen, in denen sichtbar wird, dass Erfahrung und Vorwissen bei technischen Verständnistests einen großen Einfluss haben<sup>15</sup> (vgl. Mohr und Baumann 1982, S. 104-107). Auch wenn die Fähigkeit zum Vorstellen und Manipulieren von Objekten wichtig ist, um technisches Verständnis zu besitzen, ist dafür, wie auch die Beispielaufgabe zeigt, technisches Wissen notwendig, sodass es dann aber schwerfällt zu unterscheiden, was entscheidender ist. Denn bei der Aufgabe auf Abb. 9 reicht auch ein einfacher Merksatz aus der Getriebelehre („groß auf klein schneller, klein auf groß langsamer“).

Wie ein technisches Objekt visualisiert wird, ist höchst unterschiedlich. Die Skizze in der Aufgabenstellung in Abb. 9 ist stark vereinfacht. Achsen und deren Lagerung werden nicht dargestellt und verdeckte Kanten sind nicht eingezeichnet. Trotzdem erkennen viele Probanden die Aufgabenstellung. Die Visualisierung technischer Sachsysteme in technischen Zeichnungen und Skizzen hat eine eigene Systematik. Die Darstellung ist reduziert und einem Zweck untergeordnet. Das Wissen über die Logik, nach der eine solche Reduzierung geschieht, ist explizit in z.B. einem Lehrbuch über technische Kommunikation zu finden. Als Beispiel sei hier nur der „Hoischen“ (vgl. Hoischen und Fritz 2016) genannt, das Standardwerk über technisches Zeichnen, welches seit 1944 bis 2016 in 35 Auflagen erschienen ist (vgl. Hoischen und Fritz 2016). Das Wissen hat aber auch implizite Anteile, die bei häufiger Beschäftigung mit technischen Zeichnungen generiert werden und einen effizienten Umgang mit Zeichnungen erlauben. Je nach Art der Zeichnung oder Skizze wird die Funktion und die Struktur oder nur eines von beiden deutlich, wie die beiden Beispiele in Abb. 10 zeigen. Trotzdem wird der geübte Techniker durch Erfahrung schon auf das Aussehen oder die Funktion schließen können, auch wenn nur eines von beiden dargestellt wird.

---

<sup>15</sup> Siehe hierzu auch noch die Rezension des Tests zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses (PTV) von Amthauer (vgl. 1972), in der kritisiert wird, dass die Unabhängigkeit von schulspezifischen Wissen nicht erkennbar ist (vgl. Jäger, R. & Hagen, J. 1975, S. 51).

Ähnlich abgestuft kann es sich aber auch mit dem Wissen über das Aussehen eines Sachsystems außerhalb von technischen Zeichnungen oder Skizzen verhalten. Man kann beim Blick auf ein technisches Sachsystem die übergeordnete Funktion oder auch die Funktion von ggf. vorhandenen Teilsystemen bezüglich ihrer eigenen und der Gesamtfunktion erkennen. Beispielsweise kann ein Flugzeug nur mit der Funktion Fortbewegungsmittel erkannt werden. Man könnte aber auch einzelne Bauteile wie die Triebwerke zum Erzeugen von Schubkraft, Seitenruder zum steuern etc. erkennen. Wissen über Technik ist Wissen über reale Sachsysteme und damit auch immer Wissen über das Aussehen des realen Sachsystems um diese zu identifizieren.

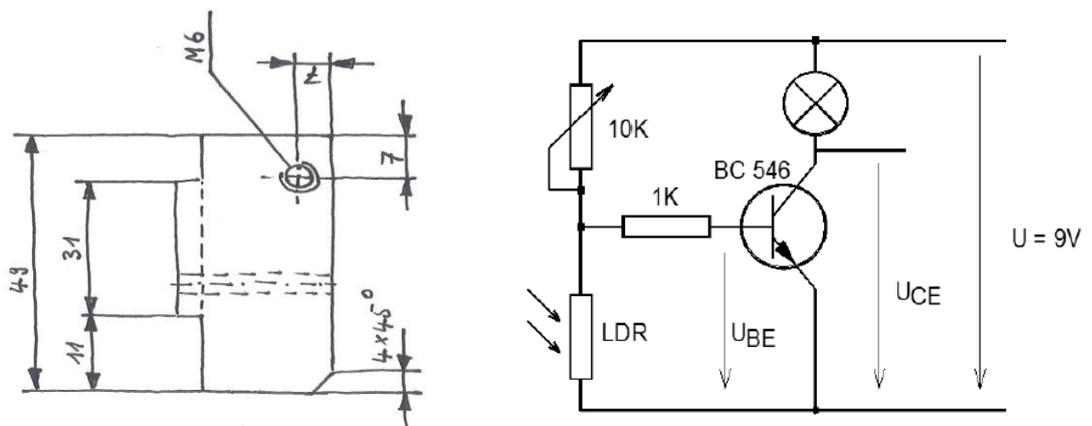


Abb. 10: Unterschiedliche technische Darstellungen

Die zwei beschriebenen Betrachtungsweisen des visuellen Aspekts von Technik zeigen, dass technisches Wissen auch immer Wissen über das Aussehen und die Darstellung von Technik ist und dass dieses Wissen entscheidend für den Umgang mit Technik ist.

Im Modell technischer Begabung von Bonz (vgl. Kapitel 5.1.2) werden, abgesehen von dem in dieser Arbeit nicht betrachteten sensomotorischen Können (bei Bonz technisch-praktische Begabung) und der Alltagsbegabung, zwei Bereiche technischer Begabung aufgezeigt, die auch auf Facetten technischen Verständnisses hinweisen. Diese sind das technische Verständnis und die technisch-konstruktive Begabung. Bei Bonz ist das technische Verständnis ein Erkennen der Funktion eines Sachsystems anhand seiner Struktur. Die Lösung einer solchen Fragestellung ist meistens eindeutig (vgl. Kapitel 5.1.2). Die Fragestellung in Abb. 9 ist demnach eine Frage im Bonz'schen Bereich des technischen Verständnisses. Um die Frage zu beantworten, ist vor allem Vorwissen notwendig, damit die gezeigten Bauteile und ihre Funktion

---

entschlüsselt werden können. Die technisch-konstruktive Begabung ist demgegenüber der Schluss von einer Funktion auf ein diese Funktion erfüllendes Sachsystem. Das Konstruieren findet sich sehr ausführlich als technisch-kreative und technisch-schöpferische Begabung in dem Modell von Lochner. Die Antwort auf eine technisch-konstruktive Frage ist mehrdeutig. Grundlage ist das Wissen über die Funktion und die Struktur eines Sachsystems und Wissen über die Zusammenhänge von beidem sowie Wissen über Bewertungskriterien für das Ergebnis. Konkret am Beispiel: Zum Bau eines Kranes benötigt man Wissen über die Funktion von Winden, Getrieben, Seilrollen etc. Außerdem muss gewusst werden, wie diese Teile aussehen und wie sie sinnvoll zur gewünschten Funktion zusammen zu setzen sind. Zudem gehört das Wissen, welche Kräfte die Konstruktion limitieren, zu den Vorbedingungen. Da kaum ein Kran nicht zumindest in Teilen nach bereits existierenden Vorbildern konstruiert werden wird, sind das Wissen über bereits gebaute Krane und über ihre konstruktiven Vor- und Nachteile sowie aus eigener Erfahrung gewonnenes Wissen Teile des Wissens, das in eine neue Konstruktion einfließt. Gerade die letztgenannten Wissensinhalte sind zudem oft implizite Wissensanteile, welche sich im Minimieren des Aufwands und dem geschulten Blick auf eine Konstruktion zeigen (vgl. Kapitel 3.1.1 und 3.2.4). Und gerade diese machen aus einer Konstruktion, die eine geforderte Funktion erfüllt, eine erfolgreiche effiziente, zuverlässige Konstruktion.

Beim Konstruieren wird also auf das Vorwissen zurückgegriffen. Trotzdem ist beim konkreten Konstruieren, beim Erstellen von Skizzen, Zeichnungen und Berechnungen immer wieder die Fähigkeit zum Vorstellen und zum mentalen Manipulieren von Objekten gefragt. Denn auch wenn moderne Computersysteme die Visualisierung vereinfachen und große Bibliotheken von Standardbauteilen bieten, muss vor dem Aufrufen oder Zeichnen bereits im Kopf ein entsprechendes Objekt erzeugt worden sein. Erst in diesem konstruktiven Prozess ergibt sich die Bedeutung des Visuellen als Faktor eines technischen Verständnisses. Die Leistung lässt sich dann, wie bei Lochner beschrieben, anhand von Originalität, Menge und Detailreichtum der Lösungen quantifizieren (vgl. Kapitel 5.1.2).

## 5.4 Hinweise für das Erfassen technischen Wissens

Aus der Analyse von Hartweg (vgl. 2010, S. 60) lässt sich schließen, dass die Erfassung des technischen Verständnisses mit Paper-Pencil-Tests zu validen Ergebnissen führt. Begründet wird das damit, dass manuelle Tests und Paper-Pencil-Tests den gleichen Faktoren in der allgemeinen Intelligenz zugeordnet werden können. Auch die Begabungsmessung, wie sie von Lochner (1988) durchgeführt wurde, war ein Paper-Pencil-Test.

Lochner entwickelte das Modell der technischen Begabung zur Diagnostik. Deshalb entwickelte sie auch Instrumente zur Diagnostik in Form von schriftlich zu lösenden Aufgaben. Konkret sollten in Anlehnung an das Modell die „Diagnose des technisch-intelligenten, technisch-kreativen und technisch-schöpferischen Leistungsniveaus mittels Tests“ (Lochner 1988, S.147) erfolgen. Wie genau die Aufgaben ausgewählt wurden, wird dabei nicht erklärt, einige Hinweise zum Erstellen der Aufgaben lassen sich jedoch finden: Die Aufgabenstruktur für die Diagnostik soll, laut Lochner, dem Erkenntnisablauf beim Konstruieren folgen (vgl. Lochner 1988, S153.). Außerdem sollen die Aufgaben nicht nur schriftlich, sondern auch durch Zeichnungen oder Bilder verständlich gemacht werden, um Probanden mit höherer sprachlicher Kompetenz keinen Vorteil zu verschaffen (vgl. Lochner 1988, S.150f.).

Anders als bei Lochner sind die Tests zur technischen Intelligenz, wie sie in Kapitel 5.2.3 vorgestellt worden sind, alle Multiple-Choice Tests. Diese Art des Tests ist für das technische Wissen – implizit wie explizit – nur in einem sehr eingeschränkten Bereich geeignet. Hier macht der Blick auf die Unterscheidung von Bonz zwischen technischem Verständnis und technisch-konstruktiver Begabung die Probleme deutlich. Das technische Verständnis ist der Schluss vom Sachsystem auf seine Funktion. Dieser Schluss ist meistens eindeutig und kann mit einer Frage mit mehreren eindeutigen Antworten abgefragt werden. Die technisch-konstruktive Begabung hingegen ist der Schluss von der Funktion auf ein diese Funktion erfüllendes Sachsystem. Dieser Schluss ist nicht eindeutig. Das lässt sich mit der Wahrheitsdefinition technischen Wissens als effizienter, funktionaler Glaube erklären. Der Beweis der Funktion und der Effizienz der Lösung lässt sich nur schwer ohne das Wissens über den Lösungsweg erbringen. Denn es gibt eventuell mehrere Konfigurationen an Sachsystemen, die die Funktion erfüllen und davon können auch mehrere gleich effizient sein. Nur

---

eine genauere Analyse kann dann zu einer Bewertung führen. Denn effizient ist eine technische Lösung nur, wenn die eingesetzten Mittel effizient genutzt wurden. Intelligenz ist, Probleme effizient zu lösen. Demnach muss der Lösungsweg mit betrachtet werden. Dies ergibt sich aus der Definition der Intelligenz als Fähigkeit Probleme zu lösen. Denn die Struktur und die Verfügbarkeit des bereichsspezifischen Wissens ist auch Grundlage für erfolgreiches kreatives Problemlösen (vgl. Guthke 1996, S.).

## 6 Forschungsdesign der empirischen Untersuchungen

Ziel des empirischen Teils der Arbeit ist es, wie in Kapitel 1.2 beschrieben, eine Theorie über die kategoriale Struktur technischen Wissens im Kontext der allgemeinen technischen Bildung zu entwickeln. Dementsprechend schließt in den folgenden Kapiteln 6 und 7 auf Grundlage der vorhergehenden Analysen die empirische Untersuchung an. Zunächst ist, weil eine empirische Betrachtung in der Forschung zum technischen Wissen bis jetzt nicht in ähnlicher Weise vorgenommen wurde, sodass auf keine Erfahrungen zurückgegriffen werden kann, eine Methodendiskussion notwendig. Bei dieser soll die Frage beantwortet werden, welcher Forschungsansatz in Frage kommt, um Kategorien technischen Wissens zu erfassen.

Zu diesem Zweck werden, nach einer genauen Beschreibung der Fragestellung und einer kurzen Einführung in die Einordnung in die empirische Sozialforschung, quantitative und qualitative Möglichkeiten anhand der Forschungsfrage abgeschätzt und die gewählte Methode, die qualitative Inhaltsanalyse, beschrieben. Dabei liegt ein Fokus auf den Möglichkeiten der statistischen Auswertungen von Daten aus der qualitativen Inhaltsanalyse. Daran schließt eine Diskussion zur Datengenerierung und Aufbereitung anhand der Methoden der Schulleistungsmessung an. Diese beinhaltet die Diskussion der Stichprobenziehung hinsichtlich der Güte der Datengenerierung. Anhand dieser Vorarbeiten erfolgt die Anpassung der Methoden der qualitativen Inhaltsanalyse an die Anforderungen der Untersuchungen und die Analyse geeigneter Gütekriterien für die Auswertung der Daten.

### 6.1 Fragestellungen zur Kategorienentwicklung technischen Wissens

Für eine empirische Untersuchung ist zunächst eine genaue Ausarbeitung der innerhalb der Untersuchung zu beantwortenden Fragestellung notwendig. Dies ist zur differenzierten Bestimmung des zu untersuchenden Phänomens notwendig und für die Entwicklung des Forschungsdesigns unabdingbar (Przyborski und Wohlrab-Sahr 2014, S. 119).

---

Zunächst lässt sich die Fragestellung aus der in Kapitel 1.1 allgemein formulierten Frage nach Kategorien technischen Wissens in der allgemeinen technischen Bildung und deren Zusammenhänge wie folgt formulieren:

1. Welche Kategorien technischen Wissens lassen sich im Bereich der allgemeinen technischen Bildung unterscheiden?
2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Kategorien technischen Wissens?

Dies ist jedoch noch nicht präzise genug. Für eine qualitative Inhaltsanalyse (warum im empirische Teil mit der qualitativen Inhaltsanalyse gearbeitet wird, wird in Kapitel 6.2.2. beschrieben) muss die Fragestellung theoretisch an die bisherige Forschung über den Gegenstand anknüpfen (vgl. Mayring 2010, S. 58).

Somit müssen diesen beiden Fragen präzisiert werden. Die Unterscheidung verschiedener Kategorien technischen Wissens aus der Perspektive der technischen Bildung kann nicht direkt geschehen, weil Wissen immer ein Wissen „von jemanden über etwas“, also personengebunden ist (vgl. Kapitel 2.1.1). Jemand ist im Bereich der allgemeinen technischen Bildung ein Techniklerner. Aus dem „von jemanden über etwas“ ergibt sich im Hinblick auf die Analyse der technischen Bildung in Kapitel 2.3 auch, dass die Inhalte technischer Bildung unendlich vielfältig sind. Die Analyse kann deshalb in Anlehnung an das exemplarische Prinzip der Lehre (vgl. Kapitel 2.3.4) nur an einem konkreten technischen Inhalt geschehen. Dieser Inhalt muss dementsprechend vorher möglichst facettenreich und dem Anspruch allgemeiner technischer Bildung gerecht werdend unterrichtet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die später zu untersuchenden Lernenden möglichst wenig Vorwissen haben, damit die Ergebnisse nicht durch dieses verfälscht werden. Da die Strukturen des Wissens in der allgemeinen technischen Bildung erforscht werden sollen, sollte das Wissen noch nicht durch schon vorher stattgefunden intensiven Unterricht geprägt sein. Denn eine solche Prägung ließe sich innerhalb der Untersuchung nur schwer kontrollieren. Für eine Untersuchung im Bereich der allgemeinen technischen Bildung bieten sich somit Schülerinnen und Schüler im Technikunterricht an. Auch wenn nicht nur in Schulen allgemeine technische Bildung stattfindet, können im institutionalisierten, schulischen, Bereich relativ einfach größere Mengen Probanden

nach Vorwissen ausgewählt und Unterricht so gestaltet werden, dass er den bis jetzt genannten Kriterien entspricht. Demnach kann eine erste Präzisierung wie folgt lauten. Die Untersuchung erfolgt anhand von Schülerinnen und Schülern:

1. Welche Kategorien technischen Wissens lassen sich im Bereich der allgemeinen technischen Bildung, **in Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern**, unterscheiden?
2. Welche Zusammenhänge können zwischen den Kategorien technischen Wissens, **die anhand von Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern entwickelt werden**, festgestellt werden?

Es bedarf allerdings einer weiteren Präzisierung. Wie in Kapitel 4 aufgezeigt wurde, ist nicht jedes Wissen über Technik unbedingt vom Träger verbalisierbar, es nicht Teil des expliziten Wissens. Sensomotorisches technische Können wurde aus den Untersuchungen dieser Arbeit aus diesem Grund ausgeschlossen. Damit stellt sich aber die die Frage nach dem Umgang mit impliziten präskriptiven Anteilen des technischen Wissens. Implizites, präskriptives, technisches Wissen ergibt sich aus der Erfahrung im Umgang mit dem Wissen. Dieses kann weitgehend vermieden werden, indem der Gegenstand des Technikunterrichts so definiert wird, dass die Schülerinnen und Schüler vorab wenig mit dem Unterrichtsgegenstand zu tun hatten. Der Ausschluss des sensomotorischen technischen Könnens und anderer impliziter Wissensanteile muss jedoch in die Fragestellung mit aufgenommen werden, da ein schriftlicher Test diese nicht abfragen kann, sodass die beiden zu beantwortenden Fragen für die empirische Untersuchung endgültig wie folgt lauten:

1. Welche Kategorien **expliziten** technischen Wissens lassen sich im Bereich der allgemeinen technischen Bildung, in Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern, unterscheiden?
2. Welche Zusammenhänge können zwischen den Kategorien **expliziten** technischen Wissens, die anhand von Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern entwickelt werden, festgestellt werden?

---

## 6.2 Vorgehensweise

In jeder empirischen Forschung muss sichergestellt werden, dass Gütekriterien eingehalten werden. Gerade bei qualitativer Forschung (warum die Forschung eher qualitativer Natur ist, wird im Anschluss erarbeitet) zur Exploration eines neuen Felds (vgl. Kapitel 1.2), wie sich diese empirische Untersuchung versteht, ist die Verständigung darüber, wie die Güte sichergestellt werden kann, Teil der Sicherstellung derselbigen (vgl. Flick 2014, S. 422). Grundsätzlich sind vier Punkte im Forschungsprozess für die Güte wichtig (vgl. ebd., S. 422), weshalb sie im kommenden Abschnitt näher beleuchtet werden:

- begründete Methodenauswahl,
- Explikation des konkreten Vorgehens,
- Benennung des Ziels und der Qualitätsansprüche,
- transparente Darstellung der Vorgehensweise für den Leser.

Der Gegenstand der empirischen Bildungsforschung ist die Bildungsrealität einer Gesellschaft und in diesem Kontext in der Regel die institutionalisierte Bildung (vgl. Reinders et al. 2011, S. 13f.). Auch wenn diese Arbeit versucht, die allgemeine technische Bildung in einem möglichst großen Rahmen zu betrachten, findet der empirische Teil, wie schon in der Definition der Fragestellung spezifiziert, innerhalb der institutionellen allgemeinen technischen Bildung statt. In den Bereich der empirischen Bildungsforschung fällt auch die Erforschung erworbener Qualifikationen (vgl. Reinders et al. 2011, S. 13) und die Messung schulischer Leistungen (vgl. Klaur 2014, S. 117). Die Frage nach den Kategorien technischen Wissens ist somit eine Frage innerhalb der empirischen Bildungsforschung. Die empirische Bildungsforschung arbeitet, auch weil die Inhalte immer interdisziplinärer untersucht werden, verstärkt mit den quantitativen und qualitativen Methoden der empirischen Sozialforschung (vgl. Tippelt 2010, S. 11). Diese Interdisziplinarität ergibt sich in dieser Arbeit, in der die Betrachtungen des technischen Wissens aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen heraus zusammengeführt werden, ebenfalls. Somit orientiert sich der empirische Teil dieser Arbeit an den Methoden der empirischen Sozialwissenschaften.

Die Sozialwissenschaft ist eine Wirklichkeitswissenschaft, was meint, dass theoretische Aussagen der Überprüfung der Empirie standhalten müssen, wofür spezifische Methoden entwickelt wurden (vgl. Baur und Blasius 2014, S. 41). Grundsätzlich lassen sich diese in zwei Oberkategorien einteilen, nämlich in quantitative Methoden und qualitative Methoden. Auch wenn diese Einteilung im deutschsprachigen Raum in der Methodendiskussion immer noch relativ starr gehandhabt wird, werden die Methoden im internationalen Diskurs durchaus gemeinsam und ergänzend betrachtet. Dies erscheint sinnvoll, soll doch die Forschung primär Fragen mit der bestmöglichen Methode beantworten (vgl. Baur und Blasius 2014, S. 42). Somit muss, je nach Kontext, eine passende qualitative, quantitative oder eine Mischform der beiden Methoden gefunden werden. Aus dieser Prämisse ergibt sich die Vorgehensweise: Zunächst muss die Forschungsfrage geklärt werden. Dies wurde im vorherigen Kapitel bereits getan. Aus der Forschungsfrage ergeben sich dann Datenauswahl und Auswertungsmethode.

Aus der Logik der Forschung ergibt sich für die Methodenauswahl allerdings vorher noch eine weitere Frage: Egal, ob quantitativ oder qualitativ geforscht wird, für die Auswertung von erhobenen Daten, also für die Vermessung und Typisierung von Merkmalsausprägungen, wie sie auch im Hinblick auf Kategorien technischen Wissens erfolgen soll, muss zunächst eine Herangehensweise bestimmt werden. Dies ist zum einen eine organisatorische Frage (wie können die Daten im Sinne der Forschung sortiert werden) und zum anderen eine Frage der gedanklichen Logik (Zusammenbringen der Ergebnisse mit der Theorie) (vgl. Reichertz 2014, S. 75).

Drei Arten der Auswertung sind dabei nach Reichertz zu unterscheiden (vgl. ebd., S. 76ff.): Die erste ist die Deduktion: Hierbei wird in den Daten eine bekannte Merkmalsausprägung oder Regel gesucht, um dann auf den Einzelfall schließen zu können. Dabei wird geprüft, ob die (bereits bekannte oder vermutete) Regel gilt oder nicht. Die zweite Art ist die Induktion: Quantitativ wird dabei eine Merkmalskombination oder Regel verlängert. Aus den Eigenschaften einer Stichprobe wird mit einer definierten Wahrscheinlichkeit auf die Gesamtheit geschlossen. Qualitativ werden induktive Merkmalsausprägungen so zusammengestellt, dass sie einem bereits bekannten Begriff untergeordnet werden können. Es wird also von Resultat und Regel

---

auf den Fall geschlossen. Eine dritte Art der Auswertung ist die Abduktion: Der qualitativen Induktion sehr ähnlich (aber keineswegs gleich), wird dabei von gefundenen Merkmalsausprägungen auf eine noch nicht vorhandene Theorie oder Regel geschlossen, für die dann eine wissenschaftliche Erklärung gefunden werden muss. Abduktion ist so allerdings weniger ein Verfahren wie die beiden vorherigen, weil sich das Finden von etwas nicht Erwartetem nicht formalisieren lässt.

Für die Beantwortung der ersten Forschungsfrage scheint ein qualitativ induktives Vorgehen sinnvoll. Es existieren schon einige Kategorienmodelle technischen Wissens, sodass diese bekannten Merkmalsausprägungen zunächst mit dem deskriptiven technischen Wissen der Probanden verglichen, diskutiert und ggf. verändert werden können.

Für die zweite Frage nach den Zusammenhängen zwischen den Kategorien ergibt sich eine eher quantitative induktive Vorgehensweise. Die Merkmalsausprägungen als Kategorien technischen Wissens sind mit der Beantwortung der ersten Frage bereits definiert, sodass mit der Frage nach den Beziehungen zwischen den Kategorien in der zweiten Frage verallgemeinerbare Eigenschaften untersucht werden.

Wie bereits betont, ergeben sich aus der Fragestellung die zur Beantwortung benötigten Daten und für diese eine passende Auswertungsmethode. Wenn Daten über die Struktur technischen Wissens bei Schülern untersucht werden sollen, müssen diese bei den Schülern entsprechend abgefragt werden.

Zumindest in die Nähe des Ziels, etwas über die innere Struktur technischen Wissens herauszufinden, kommt die Schulleistungsdiagnostik, in der prinzipiell Wissen, wenngleich zu anderen Zwecken, abgefragt wird. Die Beurteilung schulischer Leistungen findet üblicherweise in zwei Bereichen statt: Der erste ist die Leistungsfeststellung (Welche Leistungen beherrschen die Lernenden?) und der zweite die Leistungsbewertung (In welchem Verhältnis stehen die gemessenen Leistungen zum eigentlichen Lernziel oder anderer Kriterien?) (vgl. Klaur 2014, S. 103). Die Schulleistungsmessung versteht sich als Kompetenzdiagnostik (die verschiedene Facetten von Kompetenz abfragt, wie beispielsweise Wissen, Verstehen oder Anwenden). Dazu werden üblicherweise die Methoden der Testtheorie genutzt (vgl. ebd., S. 118).

Innerhalb der Testtheorie wird grundsätzlich zwischen verschiedenen Arten von Tests unterschieden, für die Schulleistungsdiagnostik relevant ist der Leistungstest. Leistungstests zeichnen sich dadurch aus, dass von Probanden die Lösung von Aufgaben oder Problemen verlangt wird, welche Wissen, Können, Ausdauer oder Konzentrationsfähigkeit voraussetzen. Leistungstests sind immer entweder Speed- oder Powertests. Die Leistung wird bei Speedtests auch nach der Bearbeitungsgeschwindigkeit bewertet, bei Powertests sollte das nicht der Falls sein (vgl. Rost 2004, S.43). Die Fragen innerhalb solcher Tests sind entweder freie Antwortformate, bei denen der Proband seine Antwort in einem allgemein verständlichen Zeichensystem formuliert, oder gebundene Antwortformate, bei denen aus vorgegebenen Antworten oder Skalen eine oder mehrere Antworten gewählt werden müssen (vgl. ebd., S. 59).

Nun sind die Antworten, welche die Testtheorie generiert, kein guter Kandidat für die Analyse des technischen Wissens, weil diese eher dazu dienen, Aussagen über die spezifische Leistungsfähigkeiten eines Probanden zu treffen (vgl. Rost 2004, S. 17). Trotzdem kann festgehalten werden, dass bei der Leistungsmessung, wie sie mit der Testtheorie geschieht, auch Wissen abgefragt wird. In diesem Kontext wird immer wieder darauf hingewiesen, dass sich offene Fragen besonders gut zum Aufzeigen von Wissen und Kreativität eignen, weil die Antworten dem Probanden selbst einfallen müssen (vgl. ebd., S. 60). Dazu schreiben Züll und Menold:

„Offene Fragen eignen sich zur Abfrage von Wissen besser als geschlossene Fragen, weil sie nicht nur die Wahrscheinlichkeit, durch das Raten eine richtige Antwort zu erzielen, minimieren, sondern auch häufig zu reliableren und valideren Angaben führen“ (Züll und Menold 2014, S. 714).

Wenn unterschiedliche Kategorien technischen Wissens erfasst werden sollen, spiegeln die Antworten innerhalb von Leistungstests (besonders bei offenen Fragen) das Wissen des Probanden wider, sodass die Analyse der Wissensbestände innerhalb einer Antwort aufzeigen kann, welche Arten von Wissen für die Lösung genutzt wurden. Somit werden zum Generieren des Datenmaterials für die Beantwortung der Forschungsfragen Wissenstests entwickelt, welche sich an der Kompetenzdiagnostik anlehnen.

Wenn offene Fragen ausgewertet werden sollen, bietet sich als Verfahren vor allem die Inhaltsanalyse an (vgl. ebd., S. 716). Allgemein werden dabei die offenen Fragen

---

mit Hilfe eines Kategorienschemas codiert. Die Kategorienschemata werden zu diesem Zweck entweder aus einer bestehenden Theorie oder induktiv aus dem analysierten Material heraus entwickelt und durch aussagekräftige Ankerbeispiele und Definitionen im Datenmaterial gesucht.

Allgemein ist die Inhaltsanalyse eine Methode, die die sprachlichen Eigenschaften eines Texts objektiv und systematisch identifiziert (vgl. Lamnek und Krell 2016, S. 447). In qualitativer Hinsicht dient die Inhaltsanalyse der Interpretation in einem wissenschaftlichen Diskurs. Sie wird aber auch als quantitatives Verfahren genutzt. Dann dient die Codierung des Inhalts anhand bestimmter Kategorien vornehmlich zur Generierung von Daten, die anschließend mit Hilfe statistischer Verfahren interpretiert werden (vgl. ebd., S. 448).

In der Theorie der empirischen Sozialforschung gibt es zwei unterschiedliche Verständnisse der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. ebd., S. 475), die schon darauf hinweisen, dass die Methode zumindest in einem der beiden Konzepte ein Zwitterwesen darstellen kann, das eher unter dem Begriff der Mixed Methods zu fassen ist. Dieses erste Verständnis ist eine qualitative Inhaltsanalyse, die darauf abzielt, zuvor theoretisch entwickelte Analyseeinheiten, -dimensionen oder -kategorien auf Dokumente anzuwenden, um die Ergebnisse anschließend (zumindest in Teilbereichen) zu quantifizieren. Das zweite Verständnis ist die Nutzung der qualitativen Inhaltsanalyse zur Auswertung eines Dokuments ohne a-priori-formulierte Analysekriterien.

Ein Vorgehen, das eher dem erstgenannten Verständnis entspricht, ist die qualitative Inhaltsanalyse nach Philipp Mayring. Diese hat gleichzeitig auch den Vorteil, dass Mayring für die Entwicklung von Categoriesystemen trotzdem induktive Vorgehensweisen zur Generierung von Kategorien einbindet, welche durch die Auseinandersetzung mit dem Material geschehen, und sich auch in verschiedenen Aufsätzen ausführlich mit den Möglichkeiten des Methodenmixes auseinandersetzt (vgl. z.B. Mayring 2001).

In Kapitel 5.1.2 wurde schon darauf hingewiesen, dass sich für die Beantwortung der ersten Frage eine qualitative induktive Vorgehensweise eignet, bei der die bestehenden Kategoriensysteme am Datenmaterial diskutiert werden können. Dazu eignet sich die induktive Vorgehensweise bei der Generierung von Kategorien, wie es bei

der qualitativen Inhaltsanalyse mit der Methode von Mayring der Fall ist, sehr gut. Gleichzeitig können bei dieser Methode die so entwickelten Kategoriensysteme zur Quantifizierung und anschließender statistischer Auswertung des Datenmaterials genutzt werden, um die zweite Forschungsfrage nach den Zusammenhängen zwischen den Kategorien zu beantworten. Dementsprechend kann die qualitative Inhaltsanalyse nach der Methode von Mayring für den empirischen Teil der Arbeit genutzt werden.

### **6.2.1 Datengenerierung durch Leistungsmessung**

Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine Methode zur Analyse beliebiger Daten. Diese müssen jedoch zunächst generiert werden. Zur Datengenerierung müssen drei übergeordnete Themen besprochen werden. Das erste ist die Frage nach der Stichprobe und ihrer forschungslogischen Einordnung, das zweite die Frage nach der Konstruktion des konkreten Fragebogens im Kontext der schulischen Leistungsmessung und das dritte das allgemeine Generalisierungsziel. Auch wenn später in einem gemischten Verfahren auch quantitative Betrachtungen erfolgen sollen, orientiert sich die Stichprobenziehung aufgrund der zunächst vorzunehmenden Kategorienbildung mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse an den Leitlinien der qualitativen Stichprobenziehung.

Zunächst soll an dieser Stelle das dritte Thema, das Generalisierungsziel, angesprochen werden, weil es Auswirkungen auf die anderen beiden Themen hat. Unabhängig vom Generalisierungsziel gibt es in der empirischen Forschung zur Verallgemeinerung der Stichprobenergebnisse drei mögliche Vorgehensweisen: In der quantitativen Forschung wird mittels statistischer Verfahren quantifiziert, sodass eine gewisse Abweichung erlaubende probabilistische Aussage getroffen werden kann. In der qualitativen Forschung geschieht dies durch theoretische Generalisierung oder dichte Beschreibung (vgl. Akremi 2014, S. 280). Die theoretische Generalisierung wird auch in dieser Studie angestrebt. In Anlehnung an die Beschreibung von Akremi (vgl. 2014, S. 280) werden beim Codieren entstehende Vermutungen und Zusammenhänge zwischen den Wissenskategorien technischen Wissens als typisch oder untypisch klassifiziert und diese zur Bestätigung auf Wiederholung oder Widerlegung

---

überprüft, um so auf einer theoretischen Ebene zu formulieren, unter welchen Bedingungen die Aussagen getroffen werden können, sodass eine gegenstandorientierte Theorie entsteht.

Prinzipiell benötigt jede empirische Forschung Datenmaterial, welches dann nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet werden kann. Die Auswahl dieses Datenmaterials als Stichprobe muss dabei auf drei Ebenen erfolgen: Die erste ist die Datenerhebung, die zweite die Auswahl, welche der erhobenen Materialien ausgewertet werden sollen, und die dritte die Auswahl der für die Veröffentlichung genutzten Daten (vgl. Akremi 2014, S. 265ff.). In diesem Abschnitt wird auf die beiden ersteren Ebenen eingegangen, während sich die dritte Ebene in der Ergebnispräsentation ergibt.

Für die Datengenerierung ist es zunächst notwendig, das Untersuchungsfeld zu definieren und zu systematisieren. Das Untersuchungsfeld, die allgemeine technische Bildung (vgl. Kapitel 2.3), ist bei der vorliegenden empirischen Untersuchung vorab theoriegeleitet definiert worden. Gleiches gilt auch für die Probanden (Schülerinnen und Schüler). Außerdem handelt es sich bei der Untersuchung, da nicht über einen längeren Zeitraum gemessen wird, um eine Querschnittstudie, da das Wissen der Probanden kategorisiert werden soll und nicht die Entwicklung des Wissens empirisch betrachtet wird. Die Forschung findet außerdem als Fallvergleich statt (vgl. Akremi 2014, S. 270), wie es die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse mit auch quantitativen Anteilen bedingt. Da eine theoretische Generalisierung angestrebt wird, erfolgt die Auswahl der Befragten nicht probabilistisch, sondern kriteriengeleitet (vgl. Flick et al. 2017, S. 260). Bei einer kriteriengeleiteten Auswahl gehen bewusste theoretische Überlegungen über die Datenerhebung selbiger voraus (vgl. Akremi 2014, S. 273). Einige Kriterien dafür wurden schon genannt: Die Probanden sollten Schülerinnen und Schüler sein, das Feld ist die allgemeine technische Bildung. Die Schülerinnen und Schüler sollen zu ihrem technischen Wissen befragt werden. Demnach ist es sinnvoll, Schülerinnen und Schüler in Klassen mit Technikunterricht zu befragen. In der Schulforschung ist die Auswahl der Klassen immer auch von pragmatischen Überlegungen geprägt, da zunächst Schulen und Lehrer gefunden werden müssen, die Interesse haben, bei der Forschung mitzuarbeiten und ihren Unterricht zur Verfügung zu stellen, sodass eine zufällige Auswahl von Schülern in der Regel

nicht möglich ist. Da die Kategorisierung des Wissens jedoch nicht auf der Basis des Wissens über einen Sachverhalt, sondern der Ebene der Struktur desselbigen geschieht, können durch entsprechend hohe Fallzahlen, die in der qualitativen Inhaltsanalyse durchaus möglich sind (vgl. Mayring und Fenzl 2014, S. 545), und dem weitgehenden Ausschließen des Vorwissens Probleme durch die pragmatische Auswahl der untersuchten Schülerinnen und Schüler weitgehend vermieden werden. Schließlich sind die ausgewählten Daten alle primäre Daten, da sie selbst gemessen wurden (vgl. Akremi 2014, S. 270f.).

Eine weitere Frage für die Datengenerierung ist die Frage nach der Menge der Daten. Zu der Menge der Probanden bei einer Forschungsarbeit mit dem Ziel der theoretischen Generalisierung schreibt Flick: „Hierfür ist weniger die Zahl der untersuchten Personen oder Situationen entscheidend als die Unterschiedlichkeit der einbezogenen Fälle (maximale Variation) oder die theoretische Reichweite der durchgeführten Fallinterpretationen“ (vgl. 2017, S. 260). Je nachdem wie umfassend ein Forschungsprojekt also sein soll, werden mehr oder weniger Probanden benötigt (vgl. Akremi 2014, S. 278f). Für die Beantwortung der ersten Forschungsfrage nach den Kategorien technischen Wissens werden einige wenige Probanden benötigt (welche beide Geschlechter abbilden und den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Kriterien entsprechen) und für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, für die auch statistische Methoden genutzt werden, entsprechend eine Menge mit der Korrelationen untersucht werden können (und die ebenfalls beide Geschlechter abbilden und den oben genannten Kriterien entsprechen).

Eine weitere Ebene der Datengenerierung ist die Auswahl der auszuwertenden Daten innerhalb des gesamten Datenkorpus. Die Auswahl der auszuwertenden Daten innerhalb des erhobenen Materials erfolgt, um später auch quantitativ mit den Daten arbeiten zu können, nicht zwischen den Probanden, es werden alle Befragten auch ausgewertet, sondern zwischen den Fragen innerhalb des Materials (vgl. Akremi 2014, S. 267), da erst bei der Inhaltsanalyse abschätzbar ist, ob alle Aufgaben der ausgewerteten Leistungstests zur Kategorienbildung geeignet sind (was wegen der induktiven Vorgehensweise vorher nur schwer zu bestimmen ist).

Um mittels qualitativer Inhaltsanalyse von Kompetenzmessungen die Kategorien technischen Wissens zu erfassen, muss in einem zweiten Schritt bestimmt werden,

---

wie ein solcher Test aufzubauen ist. Wie schon in der Definition der Fragestellung beschrieben wurde (vgl. Kapitel 6.1), kann die Kategorienstruktur nur an einem vorher definierten Unterricht gemessen werden, bei dem weitgehend sichergestellt ist, dass das Wissen nicht durch unterschiedliches Vorwissen in seiner Struktur schon bestimmt wurde. Dies wurde dementsprechend in der vorliegenden Arbeit für die Erforschung des technischen Wissens so gemacht. Eine Befragung zu einem dem Curriculum entsprechenden Thema ohne vorher definierten Unterricht ist im Gegensatz dazu in der technischen Bildung wegen des meistens an exemplarischen Beispielen erfolgenden Technikunterrichts (vgl. Kapitel 2.3), bei dem Lehrer aufgrund der Wahlmöglichkeit ggf. unterschiedliche Beispiele wählen, schwierig. Die später befragten Schülerinnen und Schüler wurden deshalb zunächst zu einem spezifischen Thema unterrichtet und anschließend in einem Leistungstest nach den Inhalten des Unterrichts befragt. Zu Beginn einer Schulleistungsmessung steht normalerweise die Lernzielanalyse, also die Ausgangsfrage, was geprüft werden soll (vgl. Klaur 2014, S. 103). Da allerdings für die Untersuchung nicht die Leistung als solche, sondern die dieser zugrundeliegenden Wissenstrukturen kategorisiert werden sollen, kann diese Frage nicht direkt aus dem Unterricht heraus beantwortet werden. Wie jedoch im deskriptiven Teil herausgearbeitet und z.B. in Kapitel 2.1.4 von Lutz Koch (2015) prägnant beschrieben, bedeutet Wissen ein tiefgreifendes Verständnis, sodass die Fragen dergestalt sein müssen, dass sie möglichst viele Facetten des Verständnisses über den vorher unterrichteten Sachverhalt abbilden, der dann kategorisiert werden kann. Dafür bieten sich vor allem offene Fragen an, worauf Klaur auch nochmals hinsichtlich des Verständnisses explizit hinweist (vgl. Klaur 2014, S. 105). Varianten der freien Frageformen sind die Frageform, die Ergänzungsform und die Aufforderung zur freien Meinungsäußerung (vgl. ebd., S. 105). Ein forschungspraktischer Vorteil freier Aufgaben ist zudem, dass bei solchen „weder die Frageform noch die Aufforderung zur freien Äußerung der Erläuterung [bedarf], da beide Varianten im Schulalltag regelmäßig vorkommen“ (ebd., S. 107). Da bis jetzt keine wissenschaftlichen Methoden zur Konstruktion von Fragen für die Schulleistungsmessung in Deutschland entwickelt wurden (vgl. Ingenkamp und Lissmann 2008, S. 142) und sich die Schulleistungsmessung an ähnliche sozialwissenschaftliche Messverfahren anlehnt (vgl. Weinert 2014, S. 177), können die hier zu findenden Hinweise zur Erstellung des Tests genutzt werden.

Generell ist bei der Fragebogenkonstruktion darauf zu achten, dass die Anordnung der Fragen das Beantwortungsverhalten beeinflusst, sodass bei der Entwicklung in Übereinstimmung mit Klöckner und Friedrichs (vgl. 2014, S. 676f.) darauf geachtet wird, dass mit demographischen Fragen begonnen wird, um dann zunächst einfachere Fragen zu stellen. Auch wird nicht zwischen den Themen hin- und hergesprungen und am Ende wieder einfachere Fragen gestellt, um ein ansprechendes und motivierendes Layout zu gestalten (vgl. ebd., S. 680).

Der Beantwortung von Fragen eines Fragebogens liegt eine bestimmte Art der Informationsverarbeitung zu Grunde. Zunächst muss die Frage verstanden werden, sodass im Anschluss relevante Informationen zur Beantwortung derselbigen aus dem Gedächtnis abgerufen werden können, um auf dieser Basis ein Urteil zu generieren. Dieses muss im Anschluss noch in das Frageformat eingepasst werden und wird ggfs. auch noch vom Antwortenden editiert (vgl. Porst 2014, S. 687f.). Wie gut dieser Prozess funktioniert, hängt maßgeblich von den Fragen ab (vgl. ebd. S. 688). Wichtig ist zunächst, dass die Frage auf zwei Ebenen verstanden wird. Zum einen auf der semantischen Ebene: Was soll eine Frage oder ein Begriff in einer Frage „heißen“? Zum anderen auf der pragmatischen Ebene: Was will der Forscher wissen? Eine gute Frage zeichnet aus, dass beide Ebenen aus der Frage heraus einleuchtend sind (vgl. ebd. S.688). Um dies zu erreichen, nennt Porst zehn Regeln, die als Leitfaden zur Erstellung des dieser Untersuchung zugrundeliegenden Tests genutzt werden: einfache Begriffe verwenden, keine langen und komplexen Fragen, keine hypothetischen Fragen, keine doppelten Stimuli oder Verneinungen, keine Unterstellung oder Suggestivfragen, keine Fragen zu nicht vorhandenen Informationen, keine uneindeutigen zeitlichen Bezüge, erschöpfende und überschneidungsfreie Fragen stellen, keine die Antwort beeinflussenden Kontexte verwenden, unklare Begriffe definieren. Ingenkamp (vgl. 2008) hat für Schulleistungstests einige Regeln zusammengefasst, die hier ebenfalls bei der Generierung als Leitlinien fungieren. Zu diesen zählen in Ergänzung der bereits genannten, dass auf einen der zu befragenden Personen entsprechenden Wortschatz geachtet werden muss (das trifft für die Arbeit mit Schülerinnen und Schülern besonders zu) und dass vage Begriffe vermieden werden sollten, um klare Antworten zu erhalten (vgl. Ingenkamp und Lissmann 2008, S. 102).

---

## 6.2.2 Auswertung durch qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (vgl. 2010, S.12f.) dient allgemein dazu, (fixierte) Kommunikation zu analysieren. Diese Analyse soll systematisch, also durch Regeln geleitet und nachvollziehbar gemacht, geschehen. Außerdem soll die qualitative Inhaltsanalyse theoriegeleitet vorgenommen werden, also von einer konkreten vorab definierten Fragestellung ausgehend durchgeführt werden, um am Ende Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der Kommunikation führen zu können. Die Ergebnisse einer solchen Analyse sind nach Mayring im Anschluss dazu geeignet, auch quantitativ, z.B. im Bereich der Häufigkeiten von Ausprägungen, ausgewertet zu werden (vgl. Mayring 2010, S. 18f.). Zum Verständnis dieser Verbindung schreibt Mayring in Bezug auf die Idee der qualitativen Inhaltsanalyse:

„[...] eine Methodik systematischer Interpretation zu entwickeln, die an den in jeder Inhaltsanalyse notwendig enthaltenen qualitativen Bestandteilen ansetzt, sie durch Analyseschritte und Analyseregeln systematisiert und überprüfbar macht. In eine solche >>Interpretationslehre<< lassen sich sehr wohl quantitative Schritte einbauen, nur bekommen sie einen neuen Stellenwert“ (Mayring 2010, S. 48).

Dieses Vorgehen ist für Mayring prototypisch für die Theoriebildung (vgl. ebd., S. 20f): Zunächst kommt es in einer qualitativen Analyse zur Begriffs- und Kategorienfindung und zum Erstellen eines passenden Analyseinstrumentariums, welches anschließend unter Zuhilfenahme qualitativer oder quantitativer Analysen auf den Untersuchungsgegenstand angewendet wird, um dann in einem dritten Schritt in Rückbezug auf die Ergebnisse zur Beantwortung der Fragestellung interpretiert zu werden. Dieses Verfahren kommt damit den beiden Fragen der empirischen Untersuchung zum Erstellen eines Kategorienmodells technischen Wissens entgegen.

Die Anwendung der qualitativen Inhaltsanalyse bedingt eine Spezifizierung der Methode für die jeweilige Forschungsfrage. Eine grundlegende Leitlinie ist dabei, dass das Material in seinem Kontext interpretiert wird (vgl. ebd., S. 48). Des Weiteren bedarf die Theoriegeleitetheit der Untersuchung der Erstellung eines an die Untersuchung angepassten Verfahrens, damit jeder damit erfolgte Analyseschritt auf die vorher aus der Theorie entwickelten Regeln abgestimmt ist. Dazu muss bestimmt werden, welches Merkmal unter welchen Bedingungen mit welchen Bedingungen kodiert wird, sodass ein zweiter Auswerter die Analyse ähnlich durchführen könnte (vgl. ebd., S. 48f.). Zudem stehen die Kategorien im Zentrum der Analyse. Sie bilden

das zentrale Element zum Nachvollziehen für andere. Somit liegt auf der Kategorienkonstruktion und Begründung das Hauptaugenmerk, die Kategorien sind das Ergebnis der Analyse (vgl. Mayring 2010, S. 49). Die Erstellung dieser Theorie muss in Bezug auf den zu untersuchenden Gegenstand erfolgen, was gleichzeitig dann der Beweis der Adäquatheit der Methode darstellt. Bei der qualitativen Inhaltsanalyse sollen trotz der starken Betonung der Regelgeleitetheit, inhaltliche Argumente stets Vorrang gegenüber Verfahrensargumenten haben (vgl. ebd. S. 51). Dieser kurze Abriss verdeutlicht die Notwendigkeit einer Verfahrensanpassung als ersten Schritt zur Nutzung der qualitativen Inhaltsanalyse. Diese erfolgt anhand des allgemeinen inhaltsanalytischen Ablaufmodells (vgl. Abb. 11):

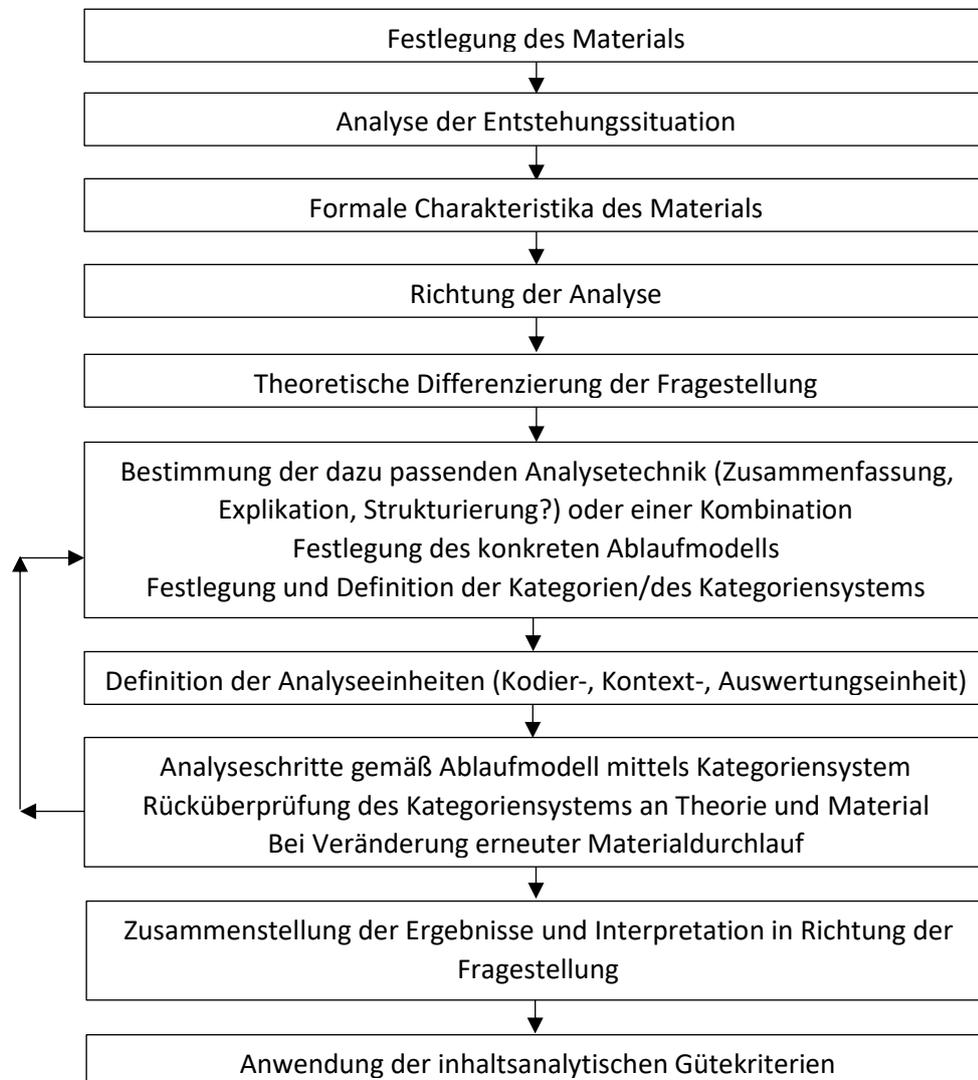


Abb. 11: Allgemeines inhaltsanalytisches Ablaufmodell nach Mayring (vgl. 2010, S. 60)

---

Die Analyse des Ausgangsmaterials, der Entstehungssituation dieses und der formalen Charakteristik kann knapp ausfallen: Es werden Leistungstests von Schülerinnen und Schülern mit allgemeinbildendem Unterricht zu spezifischen vorher im Unterricht behandelten Themen, welche zuvor noch nicht in ähnlicher Weise unterrichtet wurden, ausgewertet. Die Leistungstests sind mit offenen Fragen gestaltet, die in ihren Antworten entsprechend Raum für eine Inhaltsanalyse bieten (vgl. Kapitel 6.2.1), um dann, wie in der Fragestellung (vgl. Kapitel 6.1) formuliert, Aussagen über Kategorien technischen Wissens treffen zu können.

Zur Richtung der Analyse schreibt Mayring: „Man kann den im Text behandelten Gegenstand beschreiben, man kann etwas über den Textverfasser oder die Wirkungen des Textes bei der Zielgruppe herausfinden. Dies muss vorab bestimmt werden“ (Mayring 2001, S. 56). Um dies zu tun, wird es als hilfreich angesehen, den Text als Teil einer Kommunikationskette einzuordnen. Dabei kann beispielsweise in Richtung des Gegenstands, des emotionalen Zustands des Kommunikators oder des soziokulturellen Hintergrunds des Textes analysiert werden (vgl. ebd., S. 56). Die Kategorien des technischen Wissens zielen weniger auf die beiden letzteren Richtungen, sondern auf den tatsächlichen Gegenstand, also den Wissensinhalt der Antworten.

Die Notwendigkeit der theoretischen Differenzierung der Fragestellung ergibt sich aus der regel- und theoriegeleiteten Interpretation der Daten (vgl. ebd., S. 57f.). In Kapitel 6.1 wurde die Fragestellung bereits beschrieben. Der theoretische Überbau der Inhaltsanalyse ergibt sich aus den Analysen des technischen Wissens (vgl. Kapitel 3) und der technischen Begabung (vgl. Kapitel 5). Sie ergeben das, was Mayring als „[...] System allgemeiner Sätze über den zu untersuchenden Gegenstand [...]“ (ebd., S. 57) bezeichnet, an denen innerhalb der Analyse angeknüpft werden kann (mit der Möglichkeit, Veränderungen vorzunehmen (vgl. Abb. 11)).

Während alle bis jetzt getätigten Aussagen für alle Untersuchungen, die für diese Arbeit durchgeführt werden, gelten, muss zur Bestimmung der Analyseeinheiten zwischen der ersten Studie und den darauffolgenden Studien unterschieden werden. Grund hierfür ist, dass die erste Studie zur Kategorienbildung dient und deshalb einen anderen Ablauf benötigt als die weiteren Studien, in denen mit den Ergebnissen der ersten Untersuchung weitergearbeitet wird.

Allgemein ist der Ablauf jedoch zunächst ähnlich: Die Analyse wird in einzelne Interpretationsschritte zerlegt, ein Analysemodell muss angepasst und die Analyseeinheit festgelegt werden (was besonders für eine spätere quantitative Betrachtung wichtig ist) (vgl. ebd., S. 59). Mayring beschreibt in Bezug auf die qualitative Inhaltsanalyse drei verschiedene Grundformen des Interpretierens: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung.

Entscheidend für die erste Studie, die zur Kategorienbildung dient, ist die Zusammenfassung als induktive Kategorienbildung (vgl. Abb. 12):

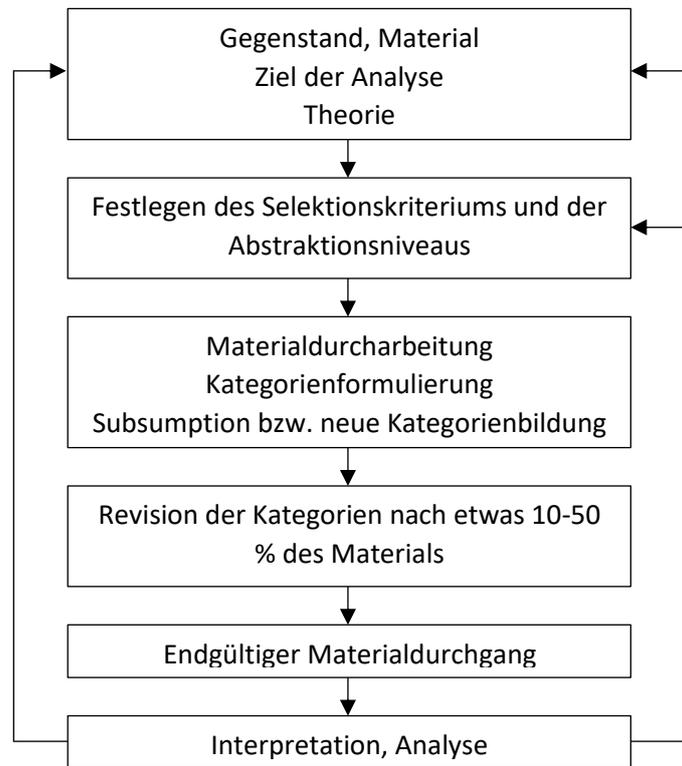


Abb. 12: Prozessmodell induktiver Kategorienbildung nach Mayring (vgl. 2010, S. 84)

Dabei wird trotz der offenen Kodierung das Material regelgeleitet durchgearbeitet. Entscheidend dabei sind vor allem zwei Punkte. Zum einen die Entscheidung, welches Material Ausgangspunkt der Kategorienbildung ist und zum anderen, welches Abstraktionsniveau für die Kategorienbildung gewählt wird. Der erste Punkt wurde in der Datengenerierung (vgl. Kapitel 6.2.1) bereits beschrieben. Der zweite Punkt ergibt sich aus der Analyse der bereits bestehenden Kategorienmodelle technischen Wissens (vgl. Kapitel 3 und 5). Das Abstraktionsniveau soll hoch sein, damit man

---

die in diesem Kapitel bereits angesprochenen Gefahren der Beliebigkeit der Einteilung technischen Wissens durch z.B. historisch gewachsene Strukturen vermeidet, sondern vielmehr die hinter dem Wissen liegenden Strukturen kategorisiert, wie sie sich beispielsweise in der Ropohl'schen Einteilung zeigen (vgl. Kapitel 3.2.2).

Gerade der letzte angesprochene Punkt zeigt aber auch die Grenzen auf, die einer „reinen“ induktiven Vorgehensweise auferlegt sind, ist es doch nach der theoriegeleiteten Vorarbeit weder möglich, sich davon komplett freizumachen noch sinnvoll die Vorarbeit nicht zu nutzen. Gleichzeitig besteht jedoch die Notwendigkeit einer induktiv orientierten Kategorienbildung. Das liegt daran, dass eine rein deduktive Betrachtung nur feststellen würde, ob sich z.B. die Ropohl'schen Kategorien im Material wiederfinden lassen oder nicht. Um ein Kategoriensystem aus dem Blickwinkel der technischen Bildung zu generieren, wird deshalb für die erste Studie eine Mischform (Udo Kuckartz spricht von deduktiv-induktive Kategorienbildung (vgl. 2014, S. 69)) genutzt, deren allgemeiner Ablauf wie folgt beschrieben werden kann: Beginnend mit aus der Bezugstheorie abgeleiteten Kategorien (die allerdings nicht feststehend sind, sondern als Suchraster dienen) wird das Material danach geprüft, ob diese zu finden sind, um dann weitere Unterkategorien zu bilden (vgl. ebd. S. 69). Beispielhaft findet sich eine solche Kombination für die Unterrichtsforschung bei Bernd Reinhofer (vgl. Reinhofer 2008, S. 123-140), bei der die Gewichtung von Fächern im Unterrichtsalltag untersucht wurde. Eine ähnliche Vorgehensweise wird auch für die erste Studie genutzt, wobei jedoch im Vergleich dazu keine Unterkategorien gebildet werden, sondern mit dem bestehenden Ropohl'sche Modell als Arbeitsgrundlage (vgl. Kapitel 3.2.6) bei der Materialprüfung und Kategorienformulierung (vgl. Abb. 12) auf dem gewählten hohen Abstraktionsebene Kategorien generiert werden.

Für die zweite, dritte und vierte Untersuchung ist diese Vorgehensweise nicht geeignet. Stattdessen werden bei diesen die Kategorien aus der ersten Untersuchung nur noch verfeinert und hinsichtlich der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage für eine quantitative Untersuchung vorbereitet. Hier bietet sich die von Mayring als Technik der Strukturierung (vgl. Mayring 2010, S. 92ff.) bezeichnete Vorgehensweise an. Dabei wird eine theoretisch fundierte Struktur in Form von Kategorien an

das Material herangetragen und dieses anhand der Kategorien zum Ergebnis zusammengefasst. Abgesehen von den bereits allgemein beschriebenen und sich methodisch nicht verändernden Schritten der Bestimmung der Analyseeinheiten etc., ist bei dieser Art der Analyse zu bestimmen, wann ein Teil des Materialbestands einer Kategorie zuzuordnen ist. Diese Bestimmung erfolgt dabei theoriegeleitet. Zu diesem Zweck wird: 1. definiert, welche Textbestandteile einer Kategorie zuzuordnen sind, 2. werden Ankerbeispiele bestimmt, die unter eine Kategorie fallen und so prototypisch für andere sein sollen und 3. Kodierregeln aufgestellt, um eine eindeutige Kodierung zu gewährleisten (vgl. Mayring 2010, S. 92). Geplant sind bei einer solchen Vorgehensweise ein erster Probedurchgang (ausschnittsweise), um zu testen, ob das Kategoriensystem funktioniert und ggf. nochmals zu verändern, um dann anschließend das Material ein zweites Mal durchzugehen (vgl. ebd. S. 93f.). Mayring unterscheidet zwischen verschiedenen Arten der Strukturierung, wobei, hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage nach den Zusammenhängen zwischen den Kategorien, die Variante der skalierenden Strukturierung am geeignetsten ist, bei der das Ziel darin besteht, Häufigkeiten, Kontingenzen und Konfiguration zu analysieren (vgl. ebd. S.102), wie in Abb. 13 dargestellt wird. Hier ist allerdings für die Forschungsfrage eine Anpassung notwendig, da keine Skalen bestimmt, sondern die Häufigkeiten miteinander verglichen werden sollen, wie es in der quantitativen Inhaltsanalyse üblich ist (vgl. Bortz et al. 2006, S. 154ff.) und sich als Ergänzung zum qualitativen Ansatz in einem Methodenmix anbietet. Mayring beschreibt in diesem Kontext die Möglichkeiten, Kategorien nach Häufigkeit anzuordnen, Häufigkeiten zu vergleichen, Maße der zentralen Tendenz zu berechnen oder Vergleiche zwischen Gruppen durchzuführen (vgl. Mayring 2001).

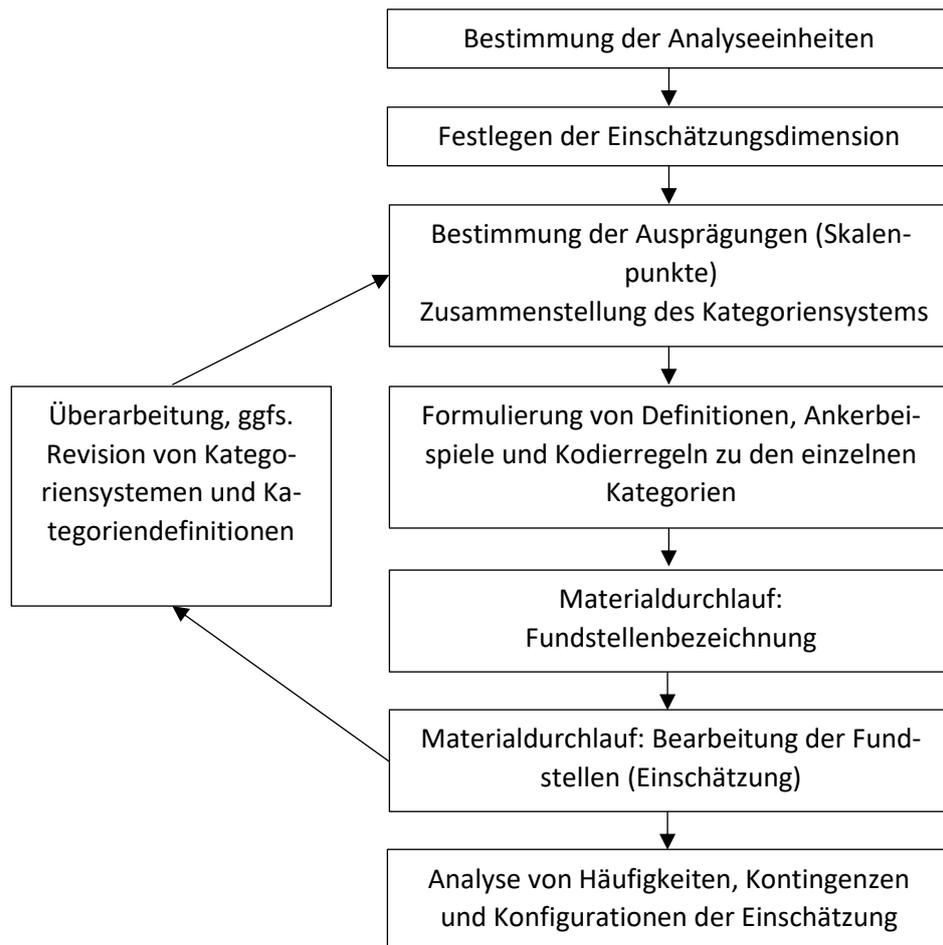


Abb. 13: Prozessmodell der skalierenden Strukturierung nach Mayring (vgl. 2010, S. 102)

In Anlehnung an das für die skalierende Strukturierung vorgeschlagene Ablaufmodell werden, an die Forschungsfrage angepasst, zunächst aus dem Kategoriensystem des technischen Wissens aus der ersten Untersuchung Ankerbeispiele und Kodierregeln erstellt. Anhand dieser wird das Material (die Leistungstests) zunächst probeweise (nur noch bei der zweiten Studie) durchgearbeitet. Dieser Probekodierung schließt sich eine Revision des Kategoriensystems an. Mit diesem korrigierten Kategoriensystem wird das Material anschließend final kodiert, um dann Korrelationen zwischen den einzelnen Kategorien zu untersuchen.

### 6.2.3 Auswertung mittels Rangkorrelation

Um für die zweite Forschungsfrage die Zusammenhänge zwischen den gefundenen Kategorien untersuchen zu können, ist ein geeignetes statistisches Verfahren notwendig. Für zwei ordinalskalierte Werte bietet sich hierbei die Berechnung möglicher

Zusammenhänge mittels der Rangkorrelation nach Spearman an, bei der ein monotoner Zusammenhang zwischen zwei Rangreihen bestimmt wird (vgl. Cleff 2012, S. 113) und wie sie gängig für die empirischen Sozial- und Wirtschaftswissenschaften ist (vgl. ebd., S. 119). Dieses Verfahren nutzt beispielsweise auch Michaela Gläser-Zikuda (vgl. 2001) in einer inhaltsanalytischen Forschungsarbeit zu Emotionen und Lernstrategien in der Schule. Die Berechnung der Rangkorrelation wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistics 24 durchgeführt. Die Monotonie der Zusammenhänge wurde durch die Darstellung der Ergebnisse in Streudiagrammen sowie zusätzlich durch die Bewertung der LOESS-Linie (Local Regression) (vgl. Fahrmeir et al. 2009, S. 339) innerhalb des Programms durchgeführt, welche eine weitere visuelle Information über den Variablenzusammenhangs geben kann (vgl. Urban und Mayerl 2011, S. 206). Die Ergebnisse finden sich in Anhang (vgl. 10.5).

---

### 6.3 Gütekriterien der empirischen Forschung

Die Beschäftigung mit der Güte einer Forschung ist, unabhängig von den Methoden zur Prüfung derselbigen, zunächst eine Beschäftigung mit der Angemessenheit der Forschung und der daraus abgeleiteten Erkenntnisse:

„Wissenschaftliche Begriffe, Theorien und Methoden sind dann als angemessen zu bezeichnen, wenn sie dem Erkenntnisziel des Forschers und den empirischen Gegebenheiten gerecht werden. Unter der Güte von sozialwissenschaftlichen Theorien, Methoden und Begriffen soll der Grad der Angemessenheit an die empirische Realität und an das Erkenntnisziel des Forschers verstanden werden“ (Lamnek und Krell 2016, S. 143).

Um Qualität und Vergleichbarkeit des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und des Weges dorthin, welcher mit verschiedenen unterschiedlichen Methoden beschriftet wird, zu sichern, werden Kriterien benötigt, welche diese auf einem gemeinsamen wissenschaftstheoretischen Hintergrund verbinden (vgl. ebd., S. 141). Diese Kriterien – die Gütekriterien – sind Zielvorgaben oder Prüfsteine für beliebige Methoden. Deren wissenschaftstheoretischer und methodologischer Hintergrund hat tendenziell normativen Charakter, wobei schon die Einhaltung der methodologischen Forderungen gleichzeitig ein erstes Gütekriterium ist (vgl. ebd. S.141). Ein weiteres Gütekriterium, auf das schon am Anfang der Methodendiskussion (vgl. Kapitel 5.2.4) eingegangen wurde, ist das Dokumentieren der Vorgehensweise bei der Methodenauswahl, des Vorgehens innerhalb der Forschung, der Ziele und Ansprüche sowie die transparente Darstellung dieser Prozesse, welche dementsprechend in den letzten Kapiteln erfolgt ist.

Für die konkrete Inhaltsanalyse ergeben sich jedoch noch einige andere zu erfüllenden Kriterien, die Mayring für jede einzelne Analyse beschreibt und die es ermöglichen, diese auf ihre Angemessenheit einschätzen zu können. Mayring beschreibt als klassische Gütekriterien der sozialwissenschaftlichen Methodenlehre die Reliabilität als Stabilität, Genauigkeit und Konstanz einer Messung und die Validität als Prüfung, ob das gemessen wurde, was gemessen werden sollte (vgl. Mayring 2010, S. 116). Typischerweise wird die Reliabilität mittels Re-Test, Parallel-Test oder Konsistenztest durchgeführt, während die Validität mit Methoden wie der Prüfung an Außenkriterien, der Prüfung der Vorhersagevalidität oder der Konstruktvalidität überprüft wird. Zu diesen Vorgehensweisen schreibt Mayring in Bezug auf die Inhaltsanalyse

jedoch, dass die Übertragbarkeit nicht immer gegeben ist. Als Beispiel nennt er bezüglich der Reliabilität den Paralleltest, bei dem eine Forschungsfrage an einer Stichprobe mit mehreren Instrumenten durchgeführt wird. Bei diesem bestünde laut Mayring die Schwierigkeit die Äquivalenz zweier (inhaltsanalytischer) Analyseinstrumente zu beweisen (vgl. ebd., S. 117). Und auch die Validierung durch beispielsweise ein Außenkriterium erscheint für die Inhaltsanalyse eher ungeeignet. Hier zitiert Mayring Krippendorff, der in diesem Kontext auf das folgende Trilemma hinweist:

„if the content analyst has no direct knowledge about what he is inferring, then he actually cannot say anything about the validity of his findings. If he possesses some knowledge about the context of the data and uses it in the development of his analytical constructs, then this knowledge is no longer independent from his procedure and cannot be used to validate the findings. And if he manages to keep the knowledge about the target of his inferences separate from his procedure, then his effort at inferring it from data is in fact superfluous and adds at best one incident to the generalization of the procedure“ (Krippendorff 1980, S. 156).

Diese Kritik ist nicht neu, sondern zeigt nur beispielhaft die Auseinandersetzung der qualitativen Methodenlehre mit den Gütekriterien, wie sie üblicherweise in der quantitativen Forschung genutzt werden (vgl. Flick 2014, S.412), und verdeutlicht die Notwendigkeit, bei einer im Vergleich zur quantitativen Forschung weniger standardisierten Vorgehensweise die Gütekriterien passend zur Forschungsfrage zu diskutieren. Konkret für die qualitative Inhaltsanalyse schlägt Mayring die Nutzung von Krippendorffs „Kriterien für die Qualität der Inhaltsanalyse“ vor, die sowohl Kriterien für die Validität als auch für die Reliabilität beinhalten (vgl. Mayring 2010, S. 119 - 122):

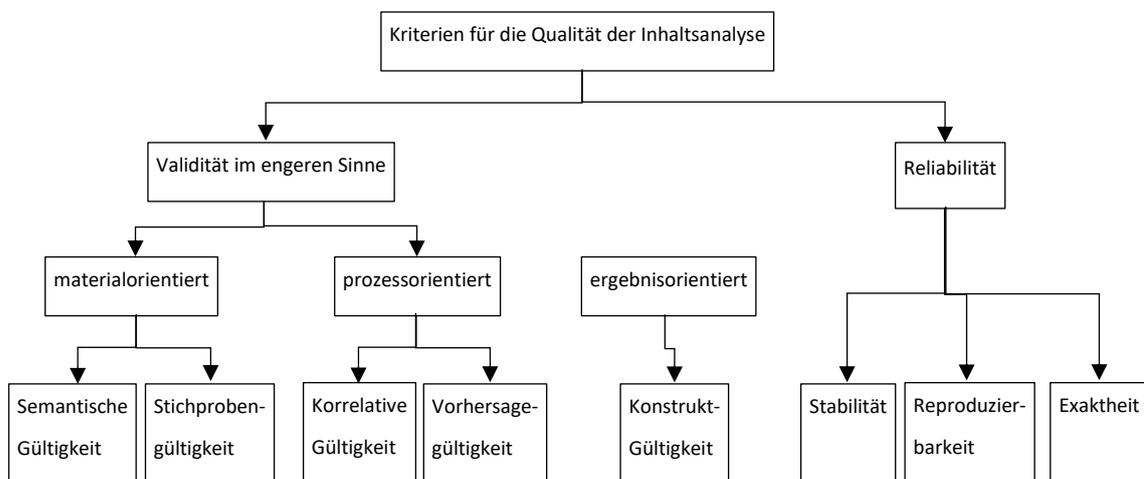


Abb. 14: Inhaltsanalytische Gütekriterien nach Krippendorff (vgl. 1980, S. 158)

---

Für die Validität wird dabei zunächst auf die semantische Gültigkeit hingewiesen, welche sich in angemessenen Kategoriendefinitionen zeigt. Wichtig für eine solche ist die Bestimmung von klaren Kategoriendefinitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln. Hierbei unterscheidet Mayring, wie in der gesamten Beschreibung der Gütekriterien, nicht zwischen induktiver und deduktiver Inhaltsanalyse. In der ersten Untersuchung wird in der vorliegenden Arbeit deduktiv-induktiv gearbeitet, sodass die Kategorien und ihre Definitionen (und damit auch die dahinterliegenden Kodierregeln) einem, im Vergleich zur späteren deduktiven Analyse in der zweiten bis vierten Untersuchung, stärkeren Diskussionsprozess ausgesetzt sind, sodass dieses Kriterium erst in den deduktiven Studien zur Sicherstellung der Güte genutzt werden kann. Dort ist die Definition der Kodierregeln jedoch umso wichtiger und wurde entsprechend beachtet und dokumentiert, weil diese auch für die Bestimmung der Reliabilität wichtig sind, wie im Anschluss noch beschrieben wird. Einen zweiten Punkt hinsichtlich der Validität stellt die Stichprobengültigkeit dar, wobei Mayring in Bezug darauf auf die hier üblichen Kriterien der einschlägigen Literatur verweist. Für die vorliegende Arbeit sei auf die Diskussion zur Datengenerierung in Kapitel 6.2.1 verwiesen. Gerade für die erste induktive Untersuchung kann aus dem deskriptiven Teil der Arbeit auf etablierte Theorien und Modelle zurückgegriffen werden, sodass die Validität vor allem im Sinne der Konstruktvalidität bemessen werden kann. Im Gegensatz zu den bis jetzt besprochenen Gütekriterien aus der Tabelle von Krippendorf wird die korrelative Gültigkeit mangels vergleichbarer Forschungsarbeiten und die Vorhersagevalidität mangels Prognosen als ungeeignet für die vorliegende Forschungsarbeit angesehen. Im Bereich der Reliabilität ergeben sich aus dem Krippendorfschen Modell drei Gütekriterien: die Stabilität als nochmalige Anwendung des Analyseinstruments auf das Material (Intracoderreliabilität), die Reproduzierbarkeit als Vergleich zwischen mehreren Analysierenden (Intercoderreliabilität) und die Exaktheit als Grad des funktionalen Standards der Analyse, welche sich jedoch nur schwer überprüfen lässt (vgl. Mayring 2010, S. 121). Für die deduktiv-induktive erste Untersuchung ist die Intercoderreliabilität nur schwer zu bestimmen, da sie dem induktiven, sich während der Analyse immer wieder verändernden Vorgehen eher widersprüchlich erscheint. Mayring/Fenzl schreiben dazu, dass es in einem induktiven Prozess eher darum geht, die Nicht-Übereinstimmungen zu diskutieren (Mayring und Fenzl in Baur und Blasius 2014, S. 547). Auch eine sich dafür besser eignende Intracoderreliabilitätsprüfung ist aufgrund der geringen Fallzahlen nicht geeignet (vgl.

Früh 2011, S. 189). Vielmehr wird deshalb bezüglich der Güte der ersten Studie auf argumentative Absicherung und die Regelgeleitetheit des Verfahrens (qualitative Inhaltsanalyse) verwiesen, wie sie sich in den Gütekriterien für die qualitative Forschung finden (vgl. Lamnek und Krell 2016, S. 145). Für die restlichen Studien werden allerdings jeweils Intercoderreliabilitätsprüfungen durchgeführt. Das Verfahren ist hier vor allem wegen des qualitativ-quantitativen Ansatzes der Forschung wichtig und wird von Werner Früh als „[...] unabdingbare Voraussetzung für die Objektivität (einer Inhaltsanalyse, Anm. d. Verf.)“ (Früh 2011, S.188) angesehen. Zum Nachweis der Intercoderreliabilität muss der diesbezügliche Test allerdings nicht nur „sinnvoll konzipiert, sondern auch nachvollziehbar dokumentiert werden“ (Lauf 2001, S. 1). Bei einer Inhaltsanalyse mit weniger als sechs Codierern und weniger als 20-30 Kategorien empfiehlt Früh im Hinblick auf Aufwand und Ergebnis die Berechnung nach Holstis CR (vgl. Früh 2011, S. 195). Für die Prüfung werden Teile der Ergebnisse von zwei Personen kodiert und darauf geachtet, dass es nach dem Anlernen zu keinem Austausch mehr bezüglich der Codierung kommt. Außerdem wird darauf geachtet, dass immer mindestens 30 Nennungen pro Untersuchung kodiert sind, wie es Früh für eine sinnvolle Berechnung vorschlägt. (vgl. Früh 2011, S. 189).

---

## 6.4 Computergestützte Auswertung mit QCAMap

Für die qualitative Inhaltsanalyse wird das Programm QCAMap genutzt. Dieses wurde an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt entwickelt. Das Programm ist eine Web-Applikation ([www.qcamap.org](http://www.qcamap.org)), die eine Schrittweise Auswertung beliebiger Daten mit der Systematik der qualitativen Inhaltsanalyse ermöglicht (vgl. Mayring und Fenzl 2014, S. 117f.). Das Programm ist sehr speziell auf die qualitative Inhaltsanalyse ausgerichtet und bietet mit dem schrittweisen Vorgehen eine große Fehler-Resistenz. Außerdem bietet das Programm die Möglichkeit, sowohl induktiv als auch deduktiv vorzugehen, Kodierregeln und Ankerbeispiele zu bestimmen und weitere Personen online zu einem Projekt hinzuzuziehen. Gerade die letzte Möglichkeit bietet für die Codierung durch weitere Personen die Möglichkeit, einfach Daten zur Prüfung der Inter-coderreliabilität zu gewinnen. Alle vier Untersuchungen werden dementsprechend mit QCAMap durchgeführt.

## 7 Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

In der folgenden Untersuchung werden die Ergebnisse der vier empirischen Untersuchungen vorgestellt. Die Vorgehensweise ist dabei wie folgt: Zunächst werden die jeweiligen Szenarien vorgestellt, anschließend erfolgt die Diskussion der Güte, um zum Schluss die Ergebnisse zu beschreiben und zu analysieren. Die erste Untersuchung ist eine deduktiv-induktive Inhaltsanalyse. Bei dieser liegt das Augenmerk auf der ersten Forschungsfrage: *Welche Kategorien expliziten technischen Wissens lassen sich im Bereich der allgemeinen technischen Bildung, in Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern, unterscheiden?* In der zweiten bis vierten Untersuchung wird, auf den Ergebnissen aus der ersten Untersuchung aufbauend, die zweite Forschungsfrage untersucht: *Welche Zusammenhänge können zwischen den Kategorien expliziten technischen Wissens, die anhand von Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern entwickelt werden, festgestellt werden?* Im Gegensatz zur ersten Untersuchung werden dabei die Ergebnisse der Inhaltsanalysen auch mit quantitativen Methoden beforscht.

### 7.1 Empirische Kategorienbildung für das technische Wissen

Die erste Untersuchung fand in einer neunten Klasse einer integrierten Gesamtschule statt. Die befragten Schülerinnen und Schüler waren zwischen 15 und 16 Jahre alt. Es handelte sich um drei Mädchen und drei Jungen.

Die Untersuchung fand im Rahmen eines Forschungsprojekts statt, in dem die Schülerinnen und Schüler im Zuge ihres NWT-Unterrichts (Naturwissenschaft und Technik) für eine 16 Schulstunden umfassende Unterrichtseinheit von Studierenden der Universität Oldenburg unterrichtet wurden. Das Thema dieser Unterrichtseinheit war die Audiotechnik. Die Unterrichtseinheit hatte einen praktischen und einen theoretischen Teil. Im praktischen Teil wurde eine Musikbox mit integriertem Verstärker gebaut. Im theoretischen Teil wurde die Funktionsweise dieser Musikbox vermittelt. Konkret wurden Inhalte zur Holzverarbeitung, zum Löten, zum Fertigen der Verstärkerplatine, zur Funktion von Lautsprechern, zum Schall, zur Funktionsweise des Verstärkers und zur Lautstärke behandelt.

---

Zeitnah, innerhalb einer Woche nach der letzten Unterrichtsstunde, wurden die sechs Schülerinnen und Schüler mittels eines Fragebogens (vgl. Anh., 10.1) nach den Inhalten der Unterrichtseinheit befragt. Die Erstellung des Fragebogens erfolgte nach den in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Regeln und den Anmerkungen aus Kapitel 5.4. Inhaltlich wurden die Fragen in einem iterativen Prozess innerhalb einer Expertenrunde, bestehend aus Mitgliedern der Arbeitsgruppe Technische Bildung der Universität Oldenburg, diskutiert, bis eine endgültige Fassung vorlag.

In Kapitel 2.1.4 wird im Hinblick auf das Wissen aus didaktischer Hinsicht bereits erörtert, dass im schulischen Bereich der Begriff der Kompetenz an Bedeutung gewinnt und dass Kompetenz oft etwas unklar als Verbindung zwischen Wissen und Können und damit eine Befähigung zur Bewältigung unterschiedlicher Situationen definiert ist. In Kapitel 5.1.2 wird der Umgang mit dem Wissen über Technik als großer Teil der notwendigen Fähigkeiten für eine technische Begabung, wie sie im Modell von Lochner beschrieben wird, genannt. Konkret werden in diesem Modell hinsichtlich des Wissens beispielsweise die Notwendigkeit zur Bildung, Umstrukturierung und Speicherung sowie zur Reproduktion und Reorganisation desselbigen genannt. Um die Schnittstelle zwischen Wissen und dem Wissen zur Anwendung von Wissen nicht aus dem Blick auf mögliche Kategorien technischen Wissens auszuschließen, wurden für den Fragebogen einige Fragen erstellt, die auf den Umgang mit dem technischen Wissen abzielen.

Die Schülerinnen und Schüler hatten für die Beantwortung der Fragen 30 Minuten Zeit. Sie wurden dazu angehalten, die Fragen mit Stichworten, Skizzen oder ganzen Sätzen zu beantworten. Allerdings wurde das Angebot, eine Skizze zu machen, außer bei einer Frage, nicht wahrgenommen. In der Auswertung zeigte sich zudem, dass die Skizzen keine brauchbaren Erkenntnisse lieferten, sodass diese nicht weiter untersucht wurden.

Bei dieser ersten Untersuchung wurden die Schülerinnen und Schüler nach dem Ausfüllen des Fragebogens zum Verständnis der Fragen interviewt, um sicherzustellen, dass die Fragen richtig beantwortet werden konnten und um auszuwählen, welche Daten für die qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet werden können (vgl. Kapitel 6.2.1). Die Interviews wurden aus zeitlichen Gründen von drei Interviewern durchgeführt, die jeweils mit zwei Schülerinnen und Schülern gleichzeitig sprachen. Als

entscheidend für die Vergleichbarkeit der Interviews gilt der Bezugsrahmen der Fragen, damit alle Befragten diese in gleicher Weise verstehen (vgl. Möhring und Schlütz 2013, S. 190). Dies war jedoch bei den Fragen, die sich auf den vorher bereits ausgefüllten Fragebogen zu einem aus dem Unterricht bekannten Thema bezogen, nicht problematisch. Methodisch orientierten sich die Interviews an den üblichen Vorgehensweisen für leitfadengestützte Interviews (vgl. Misoch 2015). Insbesondere wurde auf den Aufbau aus Informations-, Einstiegs-, Haupt- und Abschlussphase geachtet (vgl. ebd., S. 68ff.). Die Interviews begannen somit mit einer Einleitung, in der der Zweck des Interviews erklärt wurde, und einer Aufwärmphase mit Fragen zum Boxenbau als Unterrichtsthema allgemein. Im Anschluss wurden im Hauptteil die Fragen des Fragebogens wiederholt und die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, diese in eigenen Worten wiederzugeben und zu beschreiben, auf was die Frage zielte. In der Abschlussphase wurden die Schülerinnen und Schüler mit allgemeinen Fragen zum Forschungsprojekt und Verbesserungsvorschlägen aus dem Interview geführt. Im Ergebnis der Interviews zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler die Fragen verstanden und in eigenen Worten beschreiben konnten. Eine Ausnahme bildete lediglich die achte Frage: Du darfst eine eigene Lautsprecherbox gestalten. Zeichne die Lautsprecherbox auf und beschreibe die Komponenten (vgl. Anh., 10.1). Der Begriff ‚Komponente‘ war einigen Schülerinnen und Schülern nicht bekannt, weshalb sie den zweiten Teil der Aufgabe nicht beantworten konnten. Da, wie bereits beschrieben, die Zeichnungen auch nicht ausgewertet wurden, wurde die gesamte Frage nicht analysiert. Zunächst war geplant, die Schülerinnen und Schüler nur nach dem Lautsprecher zu befragen, wie es auf dem Fragebogen auch noch kenntlich gemacht wurde. Dies wurde jedoch kurzfristig wieder verworfen, da sich in Vorgesprächen mit den Unterrichtenden zeigte, dass die Fragen für die Schülerinnen und Schüler verwirrend sein könnten, weil sie eine gemeinsame Betrachtung aller Komponenten aus dem Unterricht gewohnt waren. Um das Problem zu beheben, wurden die Schülerinnen und Schüler speziell darauf aufmerksam gemacht, ihre Antworten auch auf den Verstärker zu beziehen, was sie auch taten.

---

Wichtig für die Inhaltsanalyse ist, zu bestimmen, wie der Text kodiert werden soll:

„Die Systematik der Inhaltsanalyse zeigt sich auch darin, dass vorab Analyseeinheiten definiert [...] werden [...]: die Kodiereinheit legt den minimalsten Textbestandteil fest, der ausgewertet werden darf (semantische Einheit, Wort, Satz usw.), die Kontexteinheit bestimmt, welche Informationen für die einzelne Kodierung herangezogen werden dürfen (Satz, Absatz, Interviewantwort, ganzes Interview, Zusatzkontextmaterial)“ (Mayring 2014 S. 546).

Als kleinste Kodiereinheit wurde ein einzelnes Wort gewählt, weil einzelne Beschreibungen des Aufbaus in den Stichpunkten durch einzelne Begriffe repräsentiert wurden. Die Kontexteinheit war eine ganze Antwort auf eine Frage, wie sie bei Beschreibungen zum metatechnischen Wissen beispielsweise nur in diesem Zusammenhang eine sinnvolle Antwort ergaben.

### **7.1.1 Ergebnis der Kategorienbildung und Güte**

Das Ergebnis des ersten Tests zeigt bei allen Schülerinnen und Schülern ein sehr fragmentarisches Wissen. So offenbaren die Antworten an manchen Stellen große Detailkenntnisse, während an anderer Stelle viele Kenntnisse zu fehlen scheinen. Gleichzeitig zeigen die unfertigen Fragmente viele Einzelaspekte des technischen Wissens auf, wie sie schon für die entsprechenden Theorien in Kapitel 3 ausgearbeitet sind, und geben brauchbare Hinweise darauf, wie sich das technische Wissen in einem Bildungsprozess darstellt. Die prinzipielle Übereinstimmung der Aspekte technischen Wissens aus der Inhaltsanalyse mit den dazu vorhandenen Theorien aus der Technikphilosophie wird für die erste Studie als Hinweis auf die Konstruktvalidität, wie sie in Kapitel 6.3 beschrieben wird, gewertet. Außer der Konstruktvalidität wird die Güte auch durch ein regelgeleitetes Vorgehen, wie es durch die Tabelle sichtbar wird, und durch argumentative Absicherung, wie sie im kommenden Kapitel beschrieben wird, sichergestellt. Insgesamt können neun Kategorien ausgemacht werden, wie sie in der folgenden Tabelle (Tabelle 9) mit Kurzerklärung und Ankerbeispielen aufgeführt sind. In Kapitel 7.1 wird beschrieben, dass sich einige Fragen auf die Anwendung von Wissen bezogen. Die in diesem Bereich gefundenen Hinweise lassen sich nicht eindeutig dem in der Theorie (vgl. Kapitel 2-4) entwickelten Begriff des Wissens zuordnen. Aus diesem Grund wird die Kategorie abweichend von den anderen Kategorien als technisch-kreative Fähigkeit bezeichnet.

Kategorie	Beschreibung	Ankerbeispiele
Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Systems.	„Batterie, Verstärker, Lautsprecher“
Funktionswissen (Wenn - Dann)	Wissen über eine funktionale Regel bzw. Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Der Ton würde sehr leise klingen, da der Ton nicht verstärkt werden kann“
Funktionswissen (Was - Wofür)	Wissen über eine funktionale Fähigkeit oder Eigenschaft eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Holzkasten dient als Verstärkung“
Funktionswissen (Was - Warum)	Wissen über den Grund einer Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Weil der Verstärker ja die Musik verstärkt“
Funktionswissen (pragmatisch)	Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge von technischen Systemen oder Bestandteilen technischer Systeme wie z.B. Normalkonfigurationen.	„Dass die Box die richtige Größe hat“
Fertigungswissen (Werkzeugwissen)	Wissen über Werkzeuge zur Fertigung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Seitenschneider, Schraubendreher, Abisolierzange, Akkuschauber, Gewichte, Stichsäge“
Fertigungswissen (Prozesse)	Wissen über den Prozess zum Fertigen eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„1. Platine löten 2. Box bauen (Membran Loch aussägen) 3. Membran einbauen 4. Alle Kabel verlöten“
Metatechnisches Wissen (Mensch - Technik - Umwelt)	Wissen über eine den Menschen, die Umwelt oder beides betreffende Auswirkung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Man kann nicht mehr telefonieren bzw. kommunizieren über Smartphone oder anderes“
Technisch-kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.	„Aus beiden Kaputten wieder eine Heile bauen“

Tabelle 9: Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse

### 7.1.2 Analyse und Bewertung

Die Analyse und Bewertung der Ergebnisse erfolgt aus drei Perspektiven. Die erste Perspektive ist eine definierende. Ausgehend von den Ergebnissen der Befragung wird aufgezeigt, mit welcher Begründung und anhand welcher Textstellen (beispielhaft) die einzelnen Kategorien entwickelt wurden. Die zweite Perspektive ist die der sprachlichen Ebene. Dabei werden Zusammenhänge und Unterschiede zwischen den genutzten Begriffen in typischen Antworten zu den gefundenen Kategorien beschrieben. Die dritte Perspektive ergibt sich aus dem deduktiv-induktiven Forschungsansatz (vgl. Kapitel 6.2.2) und der die Arbeit leitende Forschungsfrage: Die Kategorien werden vor dem Hintergrund der Diskussion über die Theorien zum technischen Wissen und dabei vorrangig im Hinblick auf die Ropohl'schen Kategorien (vgl. Kapitel 3.2.6) gebildet. Aus diesem Grund wird analysiert, inwieweit sich die Theorien mit den ermittelten Ergebnissen aus der Befragung decken und welche Schlussfolgerungen sich daraus für das technische Wissen in Bezug auf die technische Bildung ergeben.

---

## *Aufbauwissen*

Die erste Kategorie, die sich aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler herausarbeiten lässt, ist das Aufbauwissen. Es beinhaltet das Wissen über den strukturellen inneren Aufbau technischer Artefakte. Beispiele sind die zahlreichen Aufzählungen von Bauteilen wie „verschiedene Holzplatten für das Gehäuse“ (MG06), „eine Platine“ (MM01) oder „Widerstände“ (CF09). Aus der sprachlichen Perspektive hat das Aufbauwissen große Schnittmengen mit dem Fertigungswissen. Diese Schnittmengen bei den verwendeten Begriffen erklären sich dadurch, dass diese zur Erklärung eines Fertigungsprozesses notwendig sind. Auch bezüglich des Funktionswissens ergeben sich Überschneidungen bei den verwendeten Begriffen. Die Erklärung ist dabei ähnlich: Um einen Zusammenhang zu beschreiben, müssen die Komponenten und ihre Benennungen bekannt sein. Somit zeigen fast alle Antworten im Fragebogen Hinweise auf das Aufbauwissen. Nur zur technisch-kreativen Fähigkeit und zum metatechnischen Wissen finden sich wenige sprachliche Übereinstimmungen. Das lässt sich allerdings, wie später noch näher ausgeführt, auch auf die wenigen Hinweise zu diesen Wissenskategorien erklären. Interessant bei der Kategorie Aufbauwissen sind die Unterschiede im Detailreichtum. So beschreibt der Schüler LR21 die Bauteile nur sehr oberflächlich (Holzkiste, Holz, Platine), der Schüler CF09 ergänzt hierzu noch die Widerstände auf der Platine und die Box und der Schüler MG06 erklärt alle Bauteile noch deutlich detailreicher mit der Membran des Lautsprechers sowie der Platine mit aufgelöteten Widerständen, Kabeln und Kondensatoren.

Das hier eingeführte technische Aufbauwissen hat nur eine geringe Übereinstimmung mit den von Ropohl'schen Kategorien (vgl. Kapitel 3.2.1 und 3.2.6). Das funktionale Regelwissen beschreibt Ropohl als Betrachtung eines technischen Sachsystems als Black-Box. Diese enthält kein Wissen über den Aufbau des Sachsystems, sondern nur über dessen Funktion. Das strukturelle Regelwissen bei Ropohl beinhaltet demgegenüber zwar Wissen über den inneren Aufbau, jedoch verknüpft Ropohl dieses Wissen immer mit dem Wissen über die Kopplung der Bestandteile und deren Zweck, was dem professionellen Wissen von Technikern oder Ingenieuren entspricht. Diese Verknüpfung findet sich in den Antworten der Schülerinnen und Schüler jedoch nicht immer. Zwar zeigen die Antworten der Schülerinnen und Schüler,

erkennbar an der Vielzahl der Antworten (wenn auch mit variierender Detailtiefe), eine recht genaue Vorstellung über den inneren Aufbau der Musikbox, doch beschränkt sich dieses Wissen meist auf das sichtbare und erstreckt sich noch nicht auf den Zweck der strukturellen Elemente. Dies lässt sich daran erkennen, dass trotz der Unterschiede in der Detailtiefe keiner der Schülerinnen und Schüler Probleme hat, den Aufbau rudimentär zu erklären, einige jedoch trotzdem Schwierigkeiten mit der Erklärung einfacher funktionaler Zusammenhänge haben. Das Aufbauwissen zeigt damit eher Ähnlichkeit mit der Kategorie Konstruktionswissen, wie sie von Gaycken (vgl. Kapitel 3.2.3) als das Wissen über die Komponenten eines Artefakts und seiner fertigungsrelevanten Eigenschaften definiert wird. Gaycken beschreibt für das Konstruktionswissen auch den Fall, dass das Wissen über die Konstruktion nicht unbedingt Wissen über die Funktion einschließt. Gaycken schließt in dieser Kategorie allerdings auch Fertigungsprozesswissen mit ein.

#### *Varianten des Funktionswissens*

Einige Fragen des Fragebogens beschäftigen sich mit den Zusammenhängen des technischen Sachsystems ‚Musikbox‘ und deren Funktionen im Einzelnen und als Gesamtsystem. Sprachlich zeigen sich bei den Antworten vor allem Gemeinsamkeiten mit dem Aufbauwissen und (wenngleich etwas weniger) mit dem Fertigungswissen. Die Erklärung wird schon beim Aufbauwissen beschrieben: Eine Funktion kann nur anhand dieser zugeordneten technischen Systeme erfolgen. Zu den anderen Kategorien technischen Wissens aus der Untersuchung finden sich hingegen keine großen Übereinstimmungen.

Aus den Antworten lassen sich mehrere Kategorien bilden, die Facetten des Wissens über funktionale Zusammenhänge aufzeigen. Zunächst können in den Schülerantworten Hinweise auf funktionales Was-Wofür-Wissen kategorisiert werden. Beispiele dafür sind „Der Lautsprecher gibt den Ton raus.“ (MM01) oder „Holzkasten dient als Verstärkung.“ (JB18). Das funktionale Was-Wofür-Wissen stellt eine die Eigenschaften oder Fähigkeiten eines technischen Sachsystems beschreibende Perspektive dar. Des Weiteren konnten aus einigen Schülerantworten Hinweise zu Wissen über funktionale Zusammenhänge als Wenn-Dann-Verknüpfung erkannt werden. Ein Beispiel ist die Antwort „Die Musik ist sehr leise“ (PB16) auf die Frage, was

---

passieren würde, wenn man einen Lautsprecher direkt an den Ausgang eines Smartphones anschließen würde. Das funktionale Wenn-Dann-Wissen besteht somit aus Kenntnissen zu Regelmäßigkeiten oder Abhängigkeiten in der Interaktion einer Person mit Sachsystemen oder von Sachsystemen oder einzelner Artefakte untereinander. Zur Beschreibung muss das Sachsystem und seine Funktion bekannt sein. Somit zeigt sich das Wenn-Dann-Wissen als Erweiterung des Was-Wofür-Wissens. Eine Kategorie, in der die vorher genannten Aspekte und eine Verknüpfung zur Begründung hergestellt werden, findet sich in Antworten der Schülerinnen und Schüler, die in die Kategorie Funktionswissen Was-Warum eingeteilt sind. In diese Kategorie werden Antworten sortiert, welche beide Aspekte miteinander kombinieren. Ein Beispiel dafür ist: „Weil die Leistung vom Handy zu gering ist weshalb sie mit einem Verstärker verstärkt wird.“ (MM01). Sowohl die Funktionen der Bauteile als auch einfache begründete Zusammenhänge werden in dieser Antwort deutlich. Auch das Warum (die mangelnde Leistung) wird dabei in das Wissen integriert. Eine letzte Facette des Wissens über die Funktion eines technischen Systems zeigt sich in einer pragmatischen Betrachtung, wie sie sich beispielsweise in Antworten auf die Frage nach wichtigen Aspekten für einen guten Klang zeigen: „Dass die Box die richtige Größe hat.“ (MM01) oder „Der Lautsprecher sollte ein großzügige Gehäuse für einen guten Klang haben“ (MG06). Im Vergleich zu den vorher genannten funktionalen Betrachtungsweisen findet sich hier auch eine bewertende Ebene.

Alle Kategorien des Funktionswissens weisen Gemeinsamkeiten mit den Ropohl'schen Wissenskategorien ‚funktionales Regelwissen‘ und ‚strukturelles Regelwissen‘ auf (vgl. Kapitel 3.2.1), sodass Funktion als eine zentrale Wissenskategorie angenommen werden kann. Im Detail zeigen sich allerdings inhaltliche Unterschiede zwischen den Facetten des Wissens über Funktion, welche eine genaue Einordnung dieser Facetten in die beiden Ropohl'schen Oberbegriffe funktional und strukturell verhindern. Schon das Funktionswissen (Wenn-Dann) macht dies deutlich. Es wird nur die Funktion eines technischen Systems betrachtet (Wenn ein Smartphone und ein Lautsprecher über einen Verstärker verbunden sind, ist die Musik lauter als ohne.), ohne dass mit diesem Wissen eine Begründung für die Funktion verknüpft ist. Das zeigt sich auch am Beispiel: Zwar stellt der Schüler PB16 richtigerweise fest, dass die Musik bei einem direkten Verbinden des Ausgangs eines Smartphones mit einem Lautsprecher nur zu einem sehr leisen Ton führen würde,

gleichzeitig ist er jedoch nicht in der Lage, die Fragen nach den Zusammenhängen innerhalb der Musikbox zu beantworten. Das lässt die Vermutung zu, dass das Wissen über einen funktionalen Zusammenhang nicht zwingend mit dem Wissen über die Begründung dieses Zusammenhangs einhergeht. Diese Zusammenhänge passen zunächst in die Kategorie funktionalen Regelwissens. Gleichzeitig macht die Kategorie Funktionswissen (Wenn-Dann) aber auch einen wichtigen Unterschied deutlich: Ropohl beschreibt das funktionale Regelwissen als Blick von außerhalb auf eine Black-Box. Aber schon die Wenn-Dann-Verknüpfung zwischen Verstärker und Lautstärke entspricht nicht dieser strengen Trennung. Denn bei der Musikbox, auf welche sich die Schülerinnen und Schüler bezogen, sind die beiden Komponenten dieser Verknüpfung (Verstärker und Lautsprecher) nicht getrennt von außen zu erkennen. Erst ein Blick auf die innere Struktur erlaubt somit die Erklärung des Zusammenhangs anhand der Komponenten. Eine Trennung zwischen Verstärker und Lautsprecher wäre dann strukturelles Regelwissen. Zu diesem fehlt jedoch, erkennbar am oben genannten Beispiel, der Begründungszusammenhang. Ein gleiches Problem ergibt sich beim Funktionswissen (Was-Wofür). In dieser Kategorie finden sich Verknüpfungen einer Eigenschaft mit einem Objekt. Wäre damit das gesamte technische System der Musikbox gemeint, könnte man dieses Wissen dem funktionalen Regelwissen zuordnen als Blick von außen auf eine Blackbox. Da die Schülerinnen und Schüler aber auch einzelnen Komponenten funktionale Eigenschaften im Sinne von Was-Wofür zuordnen, finden sich hier schon Teile, die dem strukturellen Regelwissen näherkommen. Da sich in den Antworten analog zum Funktionswissen (Wenn-Dann) aber auch kein zwangsläufiger Bezug zum Warum findet, wie ihn Ropohl für das strukturelle Regelwissen beschreibt, was sich in ähnlichen Beispielen wie dem oben genannten von Schüler PB16 zeigen lässt, kann das Funktionswissen (Was-Wofür) auch nicht eindeutig zugeordnet werden. Dem strukturellen Regelwissen am nächsten kommt das Funktionswissen (Was-Warum). Hier findet sich die Verknüpfung zwischen Funktion, Struktur und eines, wenn auch nur sehr einfachen, Begründungszusammenhangs. Gegenüber den bis jetzt diskutierten Formen stellt die letzte, Funktionswissen (pragmatisch), eine Sonderform dar. In den Antworten zeigt sich eher eine Tradierung bestimmter Bau- oder Handlungsformen (z.B. großes Gehäuse = guter Klang), die von einem Techniker zum nächsten weitergegeben werde, ohne dass die Begründung zwangsläufig mit benannt wird. Auch wenn Ropohl bezüglich des funktionalen und des strukturellen Regelwissens darauf hinweist, dass

---

dieses Wissen stark von der Weitergabe zwischen Technikern geprägt ist, zeigt sich erst hier eine Art von Wissen, wie es in der Diskussion über die Normalkonfiguration als unproblematische Ansicht über eine gute grundlegende Gestalt eines Artefakttyps (vgl. Kapitel 2.2.3) oder bei Vincenti als pragmatische Erwägungen oder Designmethoden beschrieben (vgl. Kapitel 3.2.4) wird: Ein wenig formalisiertes Wissen über eine als gut bewertete Konstruktion.

#### *Varianten des Fertigungswissens*

Einige Fragen im Fragebogen beziehen sich auf die Herstellung der Musikbox. Dementsprechend findet sich hier einiges Wissen über die Fertigung, welches sich in zwei verschiedene Arten kategorisieren lässt. Die erste dieser beiden Kategorien beinhaltet das Wissen um das notwendige Werkzeug. Die zweite beinhaltet das Wissen über die Fertigungsprozesse. Dabei beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsprozesse in sehr unterschiedlicher Detailtiefe. Während ein Schüler den Prozess des Musikboxbauens wie folgt umreißt: „1. Box zusammenkleben 2. Platine fertig machen 3. Den Rest machen.“ (JB18), erklärt ein anderer Schüler: „1. Das vordere Teil vom Holz so aussägen, dass dein Lautsprecher dort hinein passt 2. Alle Teile auf die Platine Löten 3. Platine beliebig an einem Holzteil befestigen 4. Löcher bohren für den Stecker und den an- und aus- Schalter 5. alle Holzteile zusammenfügen.“ (PB16). Trotz der Unterschiede im Detailreichtum fällt beim Fertigungswissen in der Gesamtschau des Fragebogens auf, dass die Schülerinnen und Schüler am wenigsten Probleme hatten, Auskunft über die Fertigung zu geben. Dies könnte daran liegen, dass die Fertigung der Musikbox als singuläres Thema die Hälfte des Unterrichts ausmachte, sodass hier der größte Übungseffekt auftrat. Sprachliche Überschneidungen ergeben sich vom Fertigungswissen bezüglich des Materials und der Prozesse mit den Varianten des Funktionswissens und dem Aufbauwissen. Zur technisch-kreativen Fähigkeit und zum metatechnischen Wissen ergeben sich hingegen wenig Überschneidungen. Das Fertigungswissen hinsichtlich der Werkzeuge stellt eine sehr isolierte sprachliche Kategorie dar, die hier genutzten Begriffe wurden in keinem anderen Kontext verwendet.

Zum Wissen über die Fertigung lässt sich in den Kategorien des technischen Wissens bei Ropohl keine Entsprechung finden. Das technische Können beschreibt Ropohl als sensomotorische Abläufe bei der Nutzung oder Herstellung technischer Artefakte

(vgl. Kapitel 3.1.2). Dieses Wissen wird für die konkrete Fertigung einer Musikbox als Fertigkeit auch gebraucht. Allerdings kann vom Wissen über die Fertigungsschritte nicht darauf geschlossen werden, ob der Proband in der Lage wäre, die beschriebenen Arbeitsschritte tatsächlich durchzuführen (vgl. Kapitel 2.1.1). Die Erklärungen zu notwendigen Arbeitsschritten eines Fertigungsprozesses werden von Gaycken als ein Aspekt des Konstruktionswissens beschrieben. Diese Wissensart entspricht damit weitgehend dem Wissen, wie es bei den Schülerinnen und Schülern zu finden war. Das Konstruktionswissen erscheint hier auch deshalb so passend, weil dieses Wissen das Wissen über den Aufbau eines technischen Sachsystems beinhaltet und das Aufbauwissen große sprachliche Überschneidung mit der bei den Schülerantworten gefundenen Kategorie des Aufbauwissens hat.

### *Metatechnisches Wissen*

Empirische Befunde zur Kategorie des metatechnischen Wissens ergeben sich ausschließlich aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler zur siebten und zwölften Frage des Fragebogens, in denen explizit nach Wissen über Themen außerhalb der technischen Details des Lautsprechers gefragt wurde. Diese lauten: „In mobile Geräte wie beispielsweise Smartphones werden immer leistungsfähigere Lautsprecher eingebaut. Welche Auswirkungen hat das auf die Umwelt und die Menschen?“ und: „Stell dir eine Welt ohne Lautsprecher vor. Wie würde diese Welt aussehen?“ (vgl. Anh., 10.1). Antwortbeispiele sind „zu laute Musik führt zu Hörschäden“ (JB18) oder „Mehr "Chemikalien", giftige Stoffe werden darin verbaut -> falsche Entsorgung führt zu Vergiftung.“ (JB18). Eine Möglichkeit zur Ausdifferenzierung der Kategorie ergibt sich aus den Antwort nicht. Vielmehr zeigt sich eine große Unwissenheit und viele falsche Annahmen (z.B. zu „Handystrahlen“). Sprachliche Überschneidungen zu anderen Wissensgebieten zeigen sich nicht. Dies weist darauf hin, dass es sich um ein eigenes Feld mit eigenen Wissensstrukturen handelt. Das metatechnische Wissen findet seine Entsprechung in der Ropohl'schen Wissenskategorie öko-sozio-technologisches Systemwissen oder dem metatechnischen Wissen wie es Gaycken analog zu Ropohl beschrieben hat, wobei der Gaycken'sche Begriff wegen seiner Handlichkeit gewählt wurde.

---

### *Technisch-kreative Fähigkeit*

Wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, ergeben sich aus den Fragen zum Umgang mit dem technischen Wissen Hinweise, die sich nur in einem sehr erweiterten Begriffsrahmen dem Wissensbegriff zuordnen lassen würden, sodass zu überlegen ist, wie die Ergebnisse einzuordnen sind. Als passende Beschreibung ergibt sich dabei die technische Kreativität. Technische Kreativität ist nach dem Modell von Lochner die Fähigkeit zum Entwickeln, Variieren und Abbilden von Lösungen im Bereich (vgl. Kapitel 5.1.2). Dies geschieht durch Reproduktion und Reorganisation des eigenen Wissens zum Zweck, Lösungsideen zu entwickeln. Dabei muss die Lösung nicht neu oder innovativ für einen erfahrenen Ingenieur, sondern in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sein (vgl. Lochner 1988, S.42ff.). Diese Beschreibung passt, wenngleich auf sehr einfachem Niveau, auf Textstellen, in denen sich Hinweise auf den Umgang mit technischem Wissen finden lassen. Typische Beispiele zeigen sich als Antworten auf die Aufgabe, in der die Schülerinnen und Schüler sich ausdenken sollten, was man aus zwei kaputten Lautsprechern herstellen könnte: „Aus beiden kaputten eine Heile bauen“ (JB18) oder „Kasten für Ohringe“ (CF09). Aus diesen Antworten lassen sich zwei unterschiedliche Ansätze erkennen, nämlich Zweckentfremdung und Modifizierung. Beide lassen sich als kreativer Umgang mit dem Wissen beschreiben, sodass die Kategorie als technisch-kreative Fähigkeit bezeichnet wird. Insgesamt finden sich in den Fragebögen allerdings wenige Hinweise auf die technisch-kreative Fähigkeit, die eine noch präzisere Betrachtung der Kategorie erlauben würde. Sprachlich bleiben die Hinweise zur technisch-kreativen Fähigkeit weitgehend eigenständig, wobei jedoch Überschneidungen zum Aufbau beim Erklären der Ideen zu finden sind.

### **7.1.3 Diskussion für die weiteren Untersuchungen**

Insgesamt zeigen sich aus der empirischen Untersuchung viele Facetten technischen Wissens. Diese bieten immer wieder Anknüpfungspunkte zu den Theorien technischen Wissens, wie sie beispielsweise bei Ropohl oder Gaycken zu finden sind. Im Detail zeigt sich die Ausdifferenzierung anhand einzelner Aspekte, wie den Varianten des Funktionswissens, und auch neuer Kategorien, wie dem eigenständigen Aufbauwissen und den verschiedenen Varianten des Fertigungswissens.

Die Ausdifferenzierung zeigt sich im Detail in den beschriebenen Varianten des Funktionswissens, welches mehrere verschiedene Aspekte beinhaltet. Zu ihnen zählt das Was-Wofür-Wissen als Wissen über eine funktionale Fähigkeit oder Eigenschaft eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines Systems, das Wenn-Dann-Wissen als Wissen über eine Regel oder Abhängigkeit innerhalb eines oder zwischen mehreren technischen Systemen, das Was-Warum-Wissen als Wissen über eine Abhängigkeit oder einer Funktion und deren Begründung sowie dem pragmatischen Wissen als Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge eines technischen Systems oder deren Bestandteile. Die beiden ersten sind sich sehr ähnlich und erscheinen in der Gesamtschau mehr als Arten der Beschreibung eines ersten Zugangs zur funktionalen Betrachtung eines technischen Systems. Schülerinnen und Schüler, die als Laien an ein Thema herangeführt werden, erkennen aus den Beschreibungen der Lehrkraft und/oder aus der Interaktion mit dem technischen System einzelne Funktionen des gesamten Systems oder dessen Bestandteile und erkennen Abhängigkeiten, die diesen zu Grunde liegen. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Arten des Funktionswissens erscheinen aus dieser Perspektive weniger als Unterschiede zwischen den Wissensarten und mehr als Unterschiede zwischen der Beschreibung der Abhängigkeit. So kann beispielsweise der Lautstärkeregler einfach mit der Funktion der Lautstärkeregelung oder auch mit einer Wenn-Dann-Abhängigkeit im Sinne von „Wenn der Regler gedreht wird, ändert sich die Lautstärke.“ beschrieben werden. Etwas anders verhält es sich im Vergleich dazu mit dem Was-Warum-Wissen. Hier findet sich eine (physikalische) Begründung für die Verknüpfung. Der bloßen Erkenntnis wird so eine neue Komponente hinzugefügt. Im Vergleich zeigt sich ein auf den beiden erstgenannten Facetten des Funktionswissens aufbauendes und erweiterndes Wissen. Ähnlich wie bei Ropohl zwischen funktionalem und strukturellem Regelwissen oder dem Regelwissen allgemein und dem Gesetzwissen (vgl. Kapitel 3.2.1) findet sich somit eine hierarchische Beziehung zwischen Wissenskategorien. Eine Sonderstellung nimmt das pragmatische Wissen ein: Wie vor allem aus den Beschreibungen der Normalkonfiguration (vgl. Kapitel 2.2.3) und der Wissenskategorie pragmatischen Erwägungen bei Vincenti (vgl. Kapitel 3.2.4) ersichtlich ist, gibt es Wissen, welches pragmatische Handlungsanweisungen bietet, um effizient funktionierende technische Systeme zu erzeugen. Dieses Wissen lässt sich im Vergleich zu den vorherigen Arten kaum hierarchisch oder sachlogisch

---

mit den anderen Arten verknüpfen, ist gleichzeitig aber auch schwer zu formalisieren. Es ist sehr stark dem präskriptiven technischen Wissen zuzuordnen, bei dem die Begründung dem Träger des Wissens nicht immer bekannt ist. Insgesamt zeigen sich im Funktionswissen auch die Grenzen einer systemtheoretischen Betrachtung des Wissens über Technik, wie sie von Ropohl und in Anlehnung daran auch von Gaycken gemacht werden. In einem Entwicklungsprozess, wie er von einem Lernenden durchlaufen wird, besteht das Wissen zunächst aus einzelnen Fragmenten. Doch solange das Wissen fragmentarisch ist, kann dieses nicht in einem „fertigen“ System abgebildet werden. Betrachtet man nämlich einen Lernenden, der sich einem neuen technischen System nähert, scheinen für diesen (erkennbar an den aufgezeigten Unabhängigkeiten bei den Varianten des Funktionswissens) zunächst alle möglichen Eigenschaften von technischen Systemen oder ihrer Bestandteile als gleichwertige Informationen. Erst mit einem tieferen Verständnis über ein technisches System ergeben sich Erkenntnisse über Strukturen in diesem, die eine Kategorisierung an anhand der technischen Zusammenhänge möglich machen. Nur, wenn ich viel über eine Musikbox weiß, kann ich funktionales Regelwissen von strukturellem Regelwissen bzw. Innen und Außen einer Blackbox im Ropohl'schen Sinne definieren.

Betrachtet man die Varianten des Fertigungswissens zusammengenommen, stellen sie zunächst eine sehr weit gefasste Wissenskategorie dar, die in den Schülerantworten sowohl das Wissen über das Werkzeug als auch das Wissen über den Fertigungsprozess enthält. Gleichzeitig ist das Wissen bezüglich des Fertigungsprozesses in Hinsicht auf mögliche implizite Anteile eine problematische Kategorie. Nur ein kleiner Teil des Fertigungsprozesswissens ist ohne weiteres explizierbar und es ist an den Antworten nicht abzulesen, ob alle Aspekte wiedergegeben werden, die auch gewusst werden. So kann ein Werkzeug benutzt werden, ohne seinen Namen zu kennen. Gaycken formuliert, dass die Wahrheitsbedingung für das Konstruktionswissen das hergestellte funktionierende Artefakt ist (vgl. Kapitel 3.2.3), was ein Hinweis auf die schwierige Verknüpfung des Fertigungswissens mit seinen rein impliziten Anteilen ist. So bleibt im Vergleich mit den anderen Kategorien aus der Inhaltsanalyse heraus nur ein kleiner Teil dessen erfassbar, was die Schülerinnen und Schüler an Fertigungswissen haben, der aber gleichzeitig große Übereinstimmungen mit dem Aufbauwissen hat. Da sich aus den Schülerantworten ergibt, dass Aufbauwissen und Fertigungswissen bei nahezu allen zusammen vorhanden sind, kann analog zum

Gaycken'schen Konstruktionswissen allerdings davon ausgegangen werden, dass das Aufbauwissen immer notwendige Bedingung des Fertigungsprozesswissens ist.

Gleichzeitig scheint gerade in einem Lernprozess das Aufbauwissen einen sehr eigenständigen Teil des Wissens über Technik in einem Lernprozess darzustellen. Einen Hinweis darauf geben die Schülerinnen und Schüler, die eine genaue Vorstellung über den Aufbau der Musikbox, nicht jedoch deshalb unbedingt über die funktionalen Zusammenhänge hatten. Das Aufbauwissen als eigene Wissensart erscheint so als komplett neue Kategorie, sodass sich die Frage stellt, wie sich ein solches Wissen zunächst alleinstehend entwickelt hat. Eine Erklärung ergibt sich aus dem Zugang eines Lernenden zu einem ihm unbekanntem technischen Artefakt. Dieser geschieht zunächst auf einer sinnlichen Ebene. Das technische Artefakt wird als Bild oder als reales Objekt im Unterricht zwangsläufig betrachtet. Auch wenn dieser Kontakt mit ersten funktionalen Erklärungen stattfindet, können gerade die Einzelteile schnell konkret mit einem Begriff verknüpft werden, weil sie für jede weitere Erklärung definiert werden müssen. Dies bleibt so zunächst, auch ohne die Notwendigkeit, dass die anhand der Begriffe erklärten Funktionen oder der Grund für die Anordnung verstanden werden muss. Wenn etwas über ein technisches Artefakt gelernt werden soll, ist dieser Zugang jedoch nicht auf den Blick von außen beschränkt, sodass dabei auch schon Wissen über den inneren Aufbau entstehen kann, ohne dessen Hintergründe zu kennen. Das Aufbauwissen ist somit ein erster vorwissenschaftlicher Zugang zu einem technischen Artefakt, welcher durch die Kommunikation über selbiges konkretisiert wird.

Das metatechnische Wissen bleibt begrifflich und inhaltlich eine sehr eigenständige Kategorie, die keine Überschneidungen mit den anderen Kategorien hat. Das zeigt sich sowohl durch die fehlende sprachliche Überschneidung mit den anderen Kategorien als auch durch die Inhalte, die in diesem Bereich in den Schülerantworten zu finden sind. Auch finden sich in den Antworten der Schülerinnen und Schüler keine Ansatzpunkte für eine präzisierende Aufteilung des metatechnischen Wissens bezüglich verschiedener Facetten oder Kategorien.

---

Aus den Schülerantworten zu den Fragen im Bereich des Umgangs mit dem technischen Wissen, an der Schnittstelle von Wissen und Anwendung von Wissen, ergibt sich die Kategorie der technisch-kreativen Fähigkeit. Die Hinweise hierfür beziehen sich zumeist auf die Zweckentfremdung oder Modifizierung und haben so große Anknüpfungspunkte mit der technischen Kreativität, wie es im Modell zur technischen Begabung nach Lochner beschrieben ist. Einschränkend ist jedoch zu erwähnen, dass sich in den Schülerantworten nur sehr wenig Hinweise für diese Kategorie finden, die eine Präzisierung möglich machen würden.

## 7.2 Zusammenhänge zwischen Aufbau- und Funktionswissen

Nachdem in der ersten Untersuchung mittels einer deduktiv-induktiven Variante der qualitativen Inhaltsanalyse einzelne Kategorien technischen Wissens unterschieden werden konnten, soll sich in den daran anschließenden Untersuchungen zeigen, inwieweit sich diese Kategorien bestätigen und wie sie miteinander zusammenhängen, um auch die zweite Forschungsfrage beantworten zu können.

In der ersten Untersuchung zeigten sich insbesondere zwei Wissenskategorien technischen Wissens als sehr interessant, die begrifflich sehr große Übereinstimmung haben, gleichwohl scheinbar zunächst unabhängig voneinander existieren. Diese waren die Varianten des Funktionswissens und das Aufbauwissen. Aus diesem Grund war die zweite Untersuchung auf diese Beziehung fokussiert und ließ das metatechnische Wissen zunächst heraus. Außerdem wurde bei dieser wie auch bei den folgenden Untersuchungen das Wissen über die Fertigung, wie es in verschiedenen Varianten in der ersten Untersuchung kategorisiert wurde, nicht weiter betrachtet. Wie die Analyse im vorherigen Kapitel zeigt, sind diese Kategorien durch ihren kaum zu klärenden impliziten Wissenshintergrund für eine Untersuchung des expliziten technischen Wissens weniger geeignet. Der deskriptive Teil des Fertigungswissens ist auch immer bestimmt durch das Wissen über den Aufbau, sodass dieser Aspekt gleichzeitig nicht komplett außer Acht gelassen wird.

Die zweite Untersuchung fand, wie die anderen beiden noch folgenden Untersuchungen auch, mit einem nahezu gleichen Unterricht statt, dessen Inhalt für ein parallel verlaufendes Forschungsprojekt entwickelt wurde, in dem motivationale Einflüsse verschiedener Unterrichtssettings untersucht wurden (vgl. Wiemer et al. 2016, S. 176 - 189). Die Untersuchung fand an einer integrierten Gesamtschule statt. Es nahmen alle Schülerinnen und Schüler einer 7. Jahrgangsstufe teil. Dies waren insgesamt 112 Schülerinnen und Schüler. Der Unterricht wurde im Rahmen des NWT-Unterrichts (Naturwissenschaft und Technik) durchgeführt. Der Unterricht fand in für Technikunterricht üblichen Gruppen von ca. 16 Schülerinnen und Schülern statt. Unterrichtet wurde zum Teil mithilfe von Studierenden der Universität Oldenburg, die Technik auf Lehramt studieren, zum Teil mit Lehrkräften der Schule.

---

Der Unterricht umfasste acht Doppelstunden. Die Inhalte des Unterrichts waren typisch für einen Technikunterricht, wie sie sich im Kerncurriculum Technik in Niedersachsen finden, und beinhalteten sowohl theoretische Anteile als auch praktisches Arbeiten, bei dem ein Flugzeugmodell erstellt wurde. Fachlich wurden dabei die folgenden Themen behandelt:

- die Geschichte der Luftfahrt,
- die physikalisch-technischen Zusammenhänge, damit ein Flugzeug fliegt,
- die verschiedenen Zwecke, für die ein Flugzeug gebraucht werden kann,
- die wichtigsten Komponenten, aus denen ein Flugzeug besteht
- und Flugzeugantriebe.

Außerdem wurde innerhalb des Unterrichtes ein Flugzeug aus Balsaholz mit einem Gummimotor gefertigt sowie anschließend getestet.

Nach dem Unterricht wurden die Schülerinnen und Schüler bei allen Untersuchungen mittels Fragebogen mit offenen Fragen (siehe Anh., 10.2) befragt. Die Befragung der Schülerinnen und Schüler fand zeitnah nach der letzten Unterrichtsstunde zum Thema Flugtechnik statt. Die Fragen für die Fragebögen wurden mit der gleichen Expertenrunde aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Universität Oldenburg in einem iterativen Prozess erstellt, wie schon bei der Untersuchung zur Kategorienbildung. Dabei wurden wieder die Hinweise zur Erstellung von Fragen aus Kapitel 6.2.1 und 5.4 berücksichtigt. Außerdem wurde versucht, in den Fragen alle Aspekte des Unterrichts abzubilden. Orientierungspunkt war dabei die Diskussion zu den Inhalten technischer Allgemeinbildung aus Kapitel 2.3. Außerdem wurden die Erkenntnisse aus der vorherigen Untersuchung mitberücksichtigt. Dazu zählte unter anderem auch, dass mehr Aufgaben zur technisch-kreativen Fähigkeit entwickelt wurden. Bei der Untersuchung zur Kategorienbildung ergaben die Textstellen, die der technisch-kreativen Fähigkeit zugeordnet werden, zwei Punkte: die Zweckentfremdung und die Modifikation. In der vorherigen Untersuchung zielten die Fragen, bei deren Antworten Hinweise auf eine technisch-kreative Fähigkeit gefunden wurden, vor allem auf eine alternative Nutzung. Die Frage nach einer solchen Zweckentfremdung einzelner Bauteile eines Flugzeugs erschien hinsichtlich des technischen Systems „Flugzeug“

im Vergleich zur Musikbox wenig realitätsnah für die Schülerinnen und Schüler. Stattdessen wurde in den neu entwickelten Fragen eher der Fokus auf das Entwickeln von Lösungen für ein technisches Problem gelegt.

Aus den Erfahrungen, die bei den Interviews für die erste Untersuchung gemacht wurden, wurde auf eine einfache Sprache geachtet, die sich bei den Fachbegriffen an den im Unterricht genutzten Ausdrücken orientierte. Der Fragebogen bestand bei der Untersuchung zu den Zusammenhängen zwischen den Wissenskategorien aus neun Fragen. Die Schülerinnen und Schüler hatten zur Beantwortung der Fragen bei allen Untersuchungen 30 Minuten Zeit und wurden dazu angehalten, in Stichpunkten oder ganzen Sätzen zu antworten. Wie schon in der ersten Untersuchung, wurde ein einzelnes Wort als kleinste Kodiereinheit und eine ganze Antwort auf eine Frage als Kontexteinheit bestimmt. Wurden in einem Satz zwei Aspekte oder zwei Kategorien des technischen Wissens angesprochen, wurden diese auch einzeln kodiert. Für die Berechnung der Korrelation wurde darauf geachtet, einzelne Textteile nicht zwei Kategorien zuzuordnen.

Die Auswertung des Fragebogens ergab, dass die Frage zu Merkmalen von Flugzeugen nicht funktionierte (vgl. Anh., 10.2). Die meisten Schülerinnen und Schüler konnten zu dieser keine Antwort geben, sodass diese nicht ausgewertet wurde.

### **7.2.1 Deduktive Kategorienerstellung**

Für die Untersuchungen zum Zusammenhang wurde, im Gegensatz zur kategorienbildenden ersten Untersuchung, eine deduktive Variante der qualitativen Inhaltsanalyse genutzt, bei der Kategorien an das Material herangetragen werden, um Häufigkeiten, Kontingenzen und Konfigurationen zu analysieren. Somit war für die Untersuchungen zunächst die Erstellung eines Kategoriensystems notwendig, welches dann auf das entsprechende Material, die ausgefüllten Fragebögen, angewendet werden sollte. Die theoriegeleitete Erstellung des Kategoriensystems geschah anhand des aus der Kategorienbildung hervorgegangenen Systems. Dieses wurde zunächst unverändert an die Fragebögen herangetragen, um nach einem Probedurchlauf innerhalb der ersten Befragung eine Revision vorzunehmen, wie es von Mayring vorgeschlagen wird (vgl. Kapitel 6.2.2). Unproblematisch war dabei das Aufbauwissen als Beschrei-

---

bung des strukturellen Aufbaus eines technischen Artefakts. Typische Hinweise waren die Aufzählungen der Bauteile eines Flugzeugs, wie beispielsweise: „Höhenruder, Seitenruder, Tragfläche, Turbine, Räder“ (P1). In der ersten Untersuchung zur Kategorienbildung wurde analog zu Ropohl dabei der Begriff des inneren Aufbaus genutzt und schon in der Diskussion angemerkt, dass der Begriff innen und außen bei der Behandlung eines technischen Artefakts bezüglich des Aufbaus problematisch ist (vgl. Kapitel 7.1.3). Das wurde bei den Untersuchungen am Beispiel Flugzeug nochmal deutlich, weil es im Gegensatz zum Verstärker kein offensichtliches „im Gehäuse“ und „außerhalb des Gehäuses“ aller Bestandteile gibt, sondern die einzelnen Hauptkomponenten an einem Rumpf angebracht sind.

Auch die technisch-kreative Fähigkeit zeigte sich als eine für die Kodierung unproblematische Kategorie. Allerdings wurde, wie bereits im Zusammenhang mit der Fragebogenerstellung angemerkt, der Fokus verlagert, was eine veränderte Kategorienbeschreibung notwendig machte. Dies kann man am folgenden Beispiel sehen: Eine der Fragen behandelte das Thema, wie man herausfinden könnte, welches von drei abgebildeten Flugzeugen das meiste Gewicht tragen kann (vgl. Anh. 10.2). Eine Antwort darauf war beispielsweise: „Ich würde von allen drei Flugzeugen ein Modell bauen, und es dann fliegen lassen (mit etwas Gewicht) oder ein kleines Modell, also nur die Flügel an einen Stab festmachen und ein Ventilator davorstellen, die die am besten fliegen sind gut (Um den Flügeln kommen kleine Scheiben)“ (P56). Andere Schülerinnen und Schüler hatten ähnliche Ideen. Diese Antwort zeigt im Vergleich zur Definition in der ersten Befragung keine Zweckentfremdung des Gegenstands, sondern eine Zweckentfremdung bzw. Anpassung des eigenen Wissens für eine andere Aufgabenstellung. Da diese Fähigkeit auch als Bestandteil eines technisch-kreativen Zugangs zur Technik gewertet werden kann, wie es z.B. als Reorganisation des Wissens beschrieben wird (vgl. Kapitel 5.1.1.), wurde diese Variante mit in die Kategorienbeschreibung integriert.

Auch zu den Varianten des Funktionswissen ließen sich Hinweise finden. Es zeigten sich dabei jedoch einige Probleme. In der Kategorie Funktionswissen konnten die meisten Schülerinnen und Schüler beispielsweise die Frage, welche Teile eines Flugzeugs benötigt werden, um es in der Luft zu behalten, wichtige Bauteile, wie beispielsweise Flügel oder Turbine, aufzählen. Beispiele dazu sind: „Tragflächen zum

Fliegen“ (P27) oder „Seitenruder damit es nach links und rechts fliegt“ (P30). Diese Antworten entsprechen dem *Was-Wofür*-Schema des Funktionswissen, wie es sich in der vorherigen Untersuchung auch in Aussagen wie „Aus dem Lautsprecher kommt der Ton raus“ finden ließ. Im Gegensatz dazu fanden sich kaum Antworten, welche sich dem Funktionswissen (Wenn-Dann) zuordnen ließen. Schon in der Untersuchung zur Kategorienbildung wurde eine starke inhaltliche Nähe zwischen den beiden Kategorien Funktionswissen (was-wofür) und Funktionswissen (wenn-dann) beschrieben (vgl. Kapitel 7.1.3). Aus dem ersten Zugang einer Schülerin oder eines Schülers zu einem neuen technischen System ergeben sich erste Erfahrungen, die sich in beiden Arten der Verknüpfung ausdrücken lassen. Aus diesem Grund wurden die beiden Facetten zu einer Kategorie zusammengefasst, die als Funktionswissen alles Wissen über die funktionalen Eigenschaften oder Regeln eines technischen Systems oder dessen Bestandteile beinhaltet. Für die Kategorie Funktionswissen (Was-Warum) konnten wieder viele Schülerantworten gefunden werden, die eindeutig zuordenbar sind, sodass hier keine Änderung notwendig war. Wie in der vorherigen Untersuchung beschrieben, konnte auch hier die Unterscheidung anhand der Begründung für eine Verknüpfung erfolgen. Diese Art des Funktionswissen fand sich so z.B. bei Antworten wie „Die Tragflächen sind wichtig, damit das Flugzeug Auftrieb bekommt“ (P1). Ein anderes Beispiel ist diese Aussage eines Schülers auf die Frage, ob eine Flugzeugturbine ohne Bypass funktionieren würde: „Funktionieren würde sie schon, aber es würde nicht viel bringen, weil dort die meiste Schubkraft herkommt.“ (P65). Diese Kategorie wurde zur Unterscheidung in begründetes Funktionswissen umbenannt. Hinweise auf das pragmatische Funktionswissen konnten schließlich in keiner der Schülerantworten gefunden werden. Hierfür kann eine ähnliche Erklärung wie beim Funktionswissen Hinweise geben. Das Flugzeug als technisches System ist im Vergleich zur Musikbox kein Objekt, bei dem es im Alltag zu einem direkten Kontakt kommt, sieht man von einzelnen seltenen Hobbypiloten ab, weshalb bei den Schülerinnen und Schülern ein pragmatisches Wissen nicht entwickelt werden kann. Gleiches gilt in der Regel auch für die Lehrkräfte, die bei der Vermittlung dessen auch auf kein pragmatisches Wissen aus Vorerfahrung zurückgreifen können.

Somit erfolgte die endgültige Kodierung des Materials mit den bereits bekannten Kategorien Aufbauwissen und technisch-kreativer Fähigkeit und mit den „neuen“ Kategorien Funktionswissen und begründetes Funktionswissen, wie sie in Tabelle 10 mit Ankerbeispielen und Kodierregeln zu sehen sind.

Kategorie	Beschreibung	Ankerbeispiele	Kodierregeln
Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems.	„Flügel“, „Turbine“, „Cockpit“	Gewertet werden Aussagen über Bestandteile eines Flugzeugs außerhalb von Beschreibungen über funktionale Zusammenhänge des Bestandteils.
Funktionswissen	Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Personenflugzeug“, „Flügel zum Fliegen“	Gewertet werden einfache, die Funktion eines technischen Artefakts oder dessen Bestandteile betreffende Aussagen.
Begründetes Funktionsweisen	Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Flügel erzeugt Auftrieb“, „fehlender Bypass sorgt für Verringerung von Schub“	Gewertet werden Aussagen, die auf eine Begründung des Zusammenhangs einer Funktion eines technischen Artefakts schließen lassen. Die Begründung kann dabei sehr einfach ausfallen.
Technisch-Kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems oder dem Wissen über diese in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.	„Man könnte ein Modell von jedem Flugzeug bauen und in einem Windkanal ausprobieren, welches am höchsten fliegt“, „dass es nicht zu viel Luftwiderstand erzeugt“	Gewertet werden Aussagen, in welchen klar erkennbar abstrahierend mit dem Wissen über Flugzeuge umgegangen wird.

Tabelle 10: Kategoriensystem des technischen Wissens für die zweite Untersuchung

Für die Berechnung der Korrelation zwischen mehreren Kategorien technischen Wissens ist die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Varianten des Funktionswissens jedoch problematisch. Für eine Betrachtung von Zusammenhängen zwischen Kategorien ist es notwendig, dass sich diese klar voneinander trennen lassen, sodass bei der Zuordnung von Hinweisen zu einzelnen Kategorien keine Mehrfachnennungen erlaubt sein können. Das begründete Funktionswissen baut jedoch auf dem Funktionswissen auf: Wer begründetes Funktionswissen hat, hat auch Funktionswissen. Dementsprechend wurden die Varianten des Funktionswissens zu einer Kategorie zusammengefasst, sodass für die Untersuchung von Zusammenhängen das Funktionswissen als „Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems mit und ohne Begründung“ beschrieben und mit dem Begriff allgemeines Funktionswissen definiert wurde.

Wie schon bei der ersten Untersuchung, wurde als kleinste Kodiereinheit ein einzelnes Wort gewählt, weil einzelne Beschreibungen des Aufbaus in Stichpunkten durch einzelne Begriffe repräsentiert werden. Die Kontexteinheit war eine ganze Antwort auf eine Frage, wie sie für die anderen Kategorien benötigt wurden.

### **7.2.2 Ergebnisse der zweiten Untersuchung**

Im Ergebnis (vgl. Tab. 11) zeigt sich, dass sich in den Antworten der Schülerinnen und Schüler sehr viele Hinweise zum Wissen über den Aufbau eines technischen Artefakts finden lassen, in großem Abstand gefolgt vom Wissen über Funktion, der technisch-kreativen Fähigkeit und dem begründeten Funktionswissen. Da im Aufbauwissen jeder Begriff gezählt wurde, lässt sich die große Menge im Vergleich zu den anderen Kategorien erklären. Interessanter ist somit die Menge der Schülerinnen und Schüler, bei denen sich mindestens ein Hinweis auf eine bestimmte Kategorie finden lässt. Bei dieser Betrachtung wird deutlich, dass sich bei fast allen Schülerinnen und Schülern (96 %) Hinweise zum Aufbauwissen finden lassen. Dies bestätigt die Diskussion zum Aufbauwissen in Kapitel 7.1.3. Der Kontakt zum Flugzeug als technisches System geschieht im Unterricht über Bilder, Modelle und Beschreibungen. Sobald über den Unterrichtsgegenstand gesprochen wird, werden zum Erklären Begriffe für die einzelnen Komponenten benötigt. Um beispielsweise den Auftrieb zu erklären, werden Flügel gezeigt und als solche benannt. Außerdem konnten bei fast allen Schülerinnen und Schülern Hinweise auf Wissen über funktionale Zusammenhänge gefunden werden (96%). Bei deutlich weniger Schülerinnen und Schülern konnten hingegen Hinweise auf begründetes Funktionswissen erfasst werden (36 %). In der Theorie zum technischen Wissen beschreibt Ropohl das Regelwissen als häufig unausgereifte Form des Gesetzeswissens (vgl. Kapitel 3.2.1), bei der noch Erklärungen fehlen. Ein solcher Unterschied wird in Kapitel 7.1.3 auch zwischen den Facetten des Funktionswissens beschrieben: Das begründete Funktionswissen (in der vorherigen Untersuchung „Was-Warum“) baut auf dem Funktionswissen (in der vorherigen Untersuchung „Was-Wofür“ und „Wenn-Dann“) auf und ergänzt dieses mit Erklärungen. Es ist somit komplexer, was sich in der geringeren Menge an Schülerinnen und Schülern bestätigt. Bezüglich der Fragen zur technisch-kreativen Fähigkeit konnten bei mehr als zwei Drittel (72 %) der Schülerinnen und Schüler Hinweise gefunden werden.

Kategorie	Hinweise gesamt	Schüler mit Hinweis	Prozent von Schülern ge- samt mit Hin- weis	Mittelwert der Hinweise bei Schülern mit Hinweis
Aufbauwissen	701	107	96 %	6,6
Technisch-kreative Fähigkeit	131	81	72 %	1,6
Funktionswissen	295	107	96 %	2,8
Begründetes Funkti- onswissen	73	40	36 %	1,8

Tabelle 11: Ergebnisse der zweiten Untersuchung

Für die Untersuchung der Zusammenhänge können alle Kategorien ausgewertet werden, da alle Daten normalverteilt sind und alle Zusammenhänge als monoton steigend-bewertet werden (vgl. Anh., 10.2). Im Ergebnis der Untersuchung der Zusammenhänge (vgl. Tabelle 12) zwischen den einzelnen Kategorien mit der Rangkorrelation nach Spearman (vgl. Kapitel 6.2.3) zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen allen drei untersuchten Wissenskategorien. Das Aufbauwissen korreliert positiv sowohl mit der technisch-kreativen Fähigkeit ( $r=0,386$ ,  $p=0,000$ ,  $n=112$ ) als auch mit dem allgemeinen Funktionswissen ( $r=0,389$ ,  $p=0,000$ ,  $n=112$ ). Diese wiederum korreliert positiv mit der technisch-kreativen Fähigkeit ( $r=0,356$ ,  $p=0,000$ ,  $n=112$ ).

Rangkorrelation nach Spearman (n=112)	Technisch-kreative Fähigkeit	Allgemeines Funkti- onswissen
Aufbauwissen	0,386** Sig.: 0,000	0,389** Sig.: 0,000
Technisch-kreative Fähigkeit		0,356** Sig.: 0,000
*Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,05 signifikant (zweiseitig) ** Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig)		

Tabelle 12: Zusammenhänge in der zweiten Untersuchung

Interessant sind die Ergebnisse bezüglich der technisch-kreativen Fähigkeit. Diese korreliert mit dem Aufbau- bzw. Funktionswissen. Aus der Diskussion zur technischen Begabung und Leistungsfähigkeit heraus (vgl. Kapitel 5.3) lässt sich dieses

Ergebnis mit der Theorie bestätigen: Bei der Messung des technischen Verständnisses wird das Vorwissen als wichtiger Faktor für eine hohe Leistung angesehen. Das Ergebnis passt damit auch zum Lochner'schen Begabungsmodell (vgl. Kapitel 5.1.2): Bildung, Umstrukturieren und Speicherung technischer Wissensstrukturen ist wichtig für die Leistungsfähigkeit im Bereich Technik. Für eine Umstrukturierung muss passendes Wissen verfügbar sein.

Zur Güte sei hinsichtlich der Validität auf die semantische Gültigkeit (vgl. Kapitel 6.3) verwiesen, die sich in Tabelle 10 in der Beschreibung der Kategorien mit Ankerbeispielen und Kodierregeln zeigt, sowie auf die schon in der ersten Untersuchung beschriebene Konstruktvalidität des Kategoriensystems. Hinsichtlich der Reliabilität ergibt sich bei einer Prüfung der Intercoderreliabilität zwischen zwei Ratern mit der Methode von Holsti (vgl. Kapitel 6.3) ein CR-Wert von .94, welcher als akzeptabel bewertet wird.

---

### 7.3 Zusammenhänge zwischen Aufbau-, Funktions- und Metatechnischem Wissen

Nachdem in der ersten Untersuchung zu den Zusammenhängen zwischen den Kategorien nur Aufbauwissen, Funktionswissen und technisch-kreative Fähigkeit untersucht wurde, sollte in einer zweiten daran anschließenden Untersuchung auch das metatechnische Wissen mit in die Untersuchung integriert werden, um Zusammenhänge sichtbar zu machen. Dabei wurde wieder im Verbund mit den Untersuchungen zur Motivation im Technikunterricht geforscht. Für diese dritte Untersuchung wurden sechs Klassen eines 8. Jahrgangs mit insgesamt 57 Schülerinnen und Schülern mehrerer Schulen (Integrierte Gesamtschulen und Oberschulen) innerhalb des Technikunterrichts zum Thema Flugtechnik unterrichtet.

#### 7.3.1 Änderungen zur vorherigen Untersuchung

Das Mitbetrachten des metatechnischen Wissens in der empirischen Untersuchung machte einige Änderungen notwendig. Um den Fragebogen zu erweitern und den Testzeitraum gleichzeitig nicht zu verlängern, wurde zunächst die schon in der zweiten Untersuchung nicht ausgewertete fünfte Frage (vgl. Kapitel 7.2) aus dem Fragebogen entfernt. Hinzu kamen dafür zwei Fragen über die Möglichkeiten und Probleme der Flugtechnik für die Gesellschaft sowie eine Frage zu den Vor- und Nachteilen, welche der Bau eines Flughafens in der Nähe des eigenen Wohnorts mit sich bringen würde. Auch, wenn der Fragebogen dadurch etwas länger geriet, wurde die Bearbeitungszeit von 30 Minuten bei der Untersuchung nie überschritten und die Schülerinnen und Schüler hatten ausreichend Zeit. Außer dieser Änderung ergab sich durch eine inhaltliche Änderung des Unterrichts hinsichtlich der Antriebstechnik die Notwendigkeit, die Fragen zum Antrieb ebenfalls zu verändern. Konkret wurde das Thema Mantelstromtriebwerk durch das Thema Propellerantrieb ersetzt. Dementsprechend wurden mit der gleichen Expertenrunde, bestehend aus Mitgliedern der Universität Oldenburg, neue Fragen entwickelt, deren Inhalt zu den neuen Unterrichtsinhalten passte. Konkret wurde somit in dieser Untersuchung nach Antriebsarten allgemein, den wichtigsten Bauteilen eines Propellerantriebs sowie der Funktionsweise desselbigen gefragt (vgl. Anh. 10.3).

Für die Inhaltsanalyse wurde mit dem gleichen deduktiven inhaltsanalytischen Verfahren gearbeitet wie in der vorherigen zweiten Untersuchung (vgl. Kapitel 7.2.1). Das dabei bereits entwickelte Kategoriensystem wurde mit Ausnahme der Ergänzung der Kategorie des metatechnischen Wissens aus der ersten Untersuchung übernommen, wie in Tabelle 13 zu sehen ist:

Kategorie	Beschreibung	Ankerbeispiele	Kodierregeln
Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems.	„Flügel“, „Turbine“, „Cockpit“	Gewertet werden Aussagen über Bestandteile eines Flugzeugs außerhalb von Beschreibungen über funktionale Zusammenhänge des Bestandteils.
Funktionswissen	Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Personenflugzeug“, „Flügel zum Fliegen“	Gewertet werden einfache, die Funktion eines technischen Artefakts oder dessen Bestandteile betreffende Aussagen.
Begründetes Funktionsweisen	Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Flügel erzeugt Auftrieb“, „fehlender Bypass sorgt für Verringerung von Schub“	Gewertet werden Aussagen, die auf eine Begründung des Zusammenhangs einer Funktion eines technischen Artefakts schließen lassen. Die Begründung kann dabei sehr einfach ausfallen.
Technisch-Kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems oder dem Wissen über diese in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.	„Man könnte ein Modell von jedem Flugzeug bauen und in einem Windkanal ausprobieren, welches am höchsten fliegt“, „dass es nicht zu viel Luftwiderstand erzeugt“	Gewertet werden Aussagen, in welchen klar erkennbar abstrahierend mit dem Wissen über Flugzeuge umgegangen wird.
Metatechnisches Wissen (Mensch - Technik - Umwelt)	Wissen über eine den Menschen, die Umwelt oder beides betreffende Auswirkung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Umwelt Verschmutzung durch Abgase“, „Es ist immer sehr viel Lärm.“	Gewertet werden einfache Aussagen, welche Auswirkungen von Technik auf Menschen oder der Umwelt beschreiben.

Tabelle 13: Kategoriensystem des technischen Wissens für die dritte Untersuchung

### 7.3.2 Ergebnisse der Untersuchung

Im Ergebnis (vgl. Tabelle 14) sind bei dieser dritten Untersuchung (der zweiten zu den Zusammenhängen zwischen den Wissenskategorien) in allen bereits in der vorherigen Untersuchung betrachteten Kategorien weniger Hinweise pro Schüler zu finden. Dieser Rückgang findet sich (außer beim Aufbauwissen) sowohl in der Menge der Schülerinnen und Schüler, bei denen sich entsprechende Hinweise finden lassen, als auch im Mittelwert der Nennungen pro Schüler. Besonders drastisch ist der Rückgang beim begründeten Funktionswissen. Nur bei 4 % der Schülerinnen und Schüler können Hinweise auf diese Kategorie gefunden werden. Im Vergleich dazu konnten

bei der zweiten Untersuchung bei 36 % Hinweise auf diese Kategorie gefunden werden. Bei der technisch-kreativen Fähigkeit gibt es einen Rückgang auf 47 % bei dieser Untersuchung (von 72 % bei der zweiten Untersuchung). Interessant ist, dass im Bereich des metatechnischen Wissens sehr viele Hinweise zu finden sind. Gerade Probleme durch Lärm sowie die Umweltverschmutzung durch Abgase ist vielen Schülerinnen und Schülern ein Begriff, was die Menge erklären kann. Der Rückgang beim begründeten Funktionswissen kann nicht durch Änderungen im Fragebogen erklärt werden, da die Fragen, in denen in der vorangegangenen Untersuchung die meisten Hinweise auf funktionale Zusammenhänge gefunden wurden, beibehalten wurden. Im Gespräch mit den Lehrkräften zeigte sich jedoch, dass der Unterricht bei dieser Untersuchung deutlich weniger organisiert ablief. Zwei Klassen hatten starke Probleme mit Unterrichtsausfällen. Außerdem wurde der Unterricht bei der vorherigen Untersuchung engmaschiger betreut, weil auch Studierende unterrichtet. Diese Betreuung wurde in dieser Untersuchung etwas zurückgefahren. Es zeigte sich aber, dass der Ablauf dadurch nicht immer eingehalten wurde.

Kategorie	Hinweise gesamt	Schüler mit Hinweis	Prozent von Schülern ge- samt mit Hinweis	Mittelwert der Hinweise bei Schülern mit Hinweis
Aufbauwissen	301	56	98 %	5,4
Funktionswissen	142	52	91 %	2,7
begründetes Funktionswissen	3	2	4 %	1,5
Technisch-kreative Fähigkeit	34	27	47 %	1,3
Metatechnisches Wissen	232	57	100 %	4,1

Tabelle 14: Ergebnisse der dritten Untersuchung

Für die Untersuchung der Zusammenhänge können, trotz der oben genannten Probleme, die Kategorien, die auch in der vorherigen Untersuchung ausgewertet wurden, untersucht werden, da alle dafür notwendigen Daten normalverteilt sind und alle Zusammenhänge als monoton steigend gewertet werden (vgl. Anh., 10.2). Im Ergebnis der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Wissenskategorien mittels Rangkorrelation nach Spearman (vgl. Tabelle 15) bestätigen sich bei diesen Kategorien die Ergebnisse zu den Zusammenhängen: Es korrelieren sowohl das Aufbauwissen und die technisch-kreative Fähigkeit ( $r=0,337$ ,  $p=0,010$ ,  $n=57$ ) positiv als auch für das Aufbauwissen und das Funktionswissen ( $r=0,278$ ,  $p=0,036$ ,  $n=57$ ). Auch der

Zusammenhang zwischen Funktionswissen und technisch-kreativer Fähigkeit kann so bestätigt werden. Hier findet sich ebenfalls eine positive Korrelation ( $r=0,344$ ,  $p=0,009$ ,  $n=57$ ). Alle Ergebnisse sind signifikant.

Rangkorrelation nach Spearman (n=57)	Technisch-kreative Fähigkeit	Funktions-Wissen	Metatechnisches Wissen
Aufbauwissen	0,337 Sig.: 0,010*	0,278 Sig.: 0,036*	keine Monotonie
Technisch-kreative Fähigkeit		0,344 Sig.: 0,009**	0,365 Sig. 0,005**
Funktionswissen			0,514 Sig.: 0,000**
*Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,05 signifikant (zweiseitig)			
** Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig)			

Tabelle 15: Zusammenhänge in der dritten Untersuchung

Für den Zusammenhang zwischen der hinzugekommenen Kategorie des metatechnischen Wissens und der Kategorie des Aufbauwissens kann in der grafischen Analyse keine für die Berechnung nach Spearman notwendige monotone Steigung gefunden werden, sodass eine Berechnung nicht möglich ist (vgl. Anh. 10.5). Dafür finden sich signifikante positive Korrelationen zwischen dem metatechnischen Wissen und der technisch-kreativen Fähigkeit ( $r=0,365$ ,  $p=0,005$ ,  $n=57$ ) sowie zwischen dem Funktionswissen und dem metatechnischen Wissen ( $r=0,514$ ,  $p=0,000$ ,  $n=57$ ). Diese Ergebnisse lassen sich aus der Theorie des technischen Wissens oder den Ergebnissen aus der ersten Untersuchung nicht erklären. Vielmehr zeigten die Ergebnisse der ersten Untersuchung (vgl. Kapitel 7.1.2), dass das metatechnische Wissen eine sowohl sprachlich als auch inhaltlich sehr eigenständige Kategorie darstellt.

Zur Güte sei hinsichtlich der Validität wieder auf die semantische Gültigkeit (vgl. Kapitel 6.3) verwiesen, die sich in Tabelle 15 in der Beschreibung der Kategorien mit Ankerbeispielen und Kodierregeln zeigt, sowie auf die schon in der ersten Untersuchung beschriebene Konstruktvalidität des Kategoriensystems, welches sich auch in der zweiten Untersuchung bestätigt. Hinsichtlich der Reliabilität ergibt sich bei einer Prüfung der Intercoderreliabilität zwischen zwei Ratern nach Holsti (vgl. Kapitel 6.3) ein CR-Wert von .92, der auch als akzeptabel bewertet wird.

---

## 7.4 Unterschiede zwischen den ersten beiden Analysen über die Zusammenhänge der Wissenskategorien

Zwei Punkte aus den beiden vorherigen Untersuchungen sollten in dieser dritten Untersuchung zum Ergänzen des Gesamtbilds nochmal genauer betrachtet werden. Der erste Punkt waren die großen Unterschiede bei den Kategorien begründetes Funktionswissen und technisch-kreative Fähigkeit zwischen den beiden vorherigen Untersuchungen. In der dritten Untersuchung wurde angenommen, dass der Grund beim vorher erfolgten Unterricht lag. Der zweite Punkt war die Tatsache, dass kein Zusammenhang zwischen dem metatechnischen Wissen und dem Aufbauwissen, wohl aber zu den anderen Kategorien gefunden werden konnte. Um diese beiden Punkte nochmal genauer zu betrachten, wurden in einer dritten Untersuchung nochmals 23 Schülerinnen und Schüler aus zwei Klassen der achten und neunten Jahrgangsstufe zweier Oberschulen zum Thema Flugtechnik unterrichtet.

### 7.4.1 Änderung zu den vorherigen Untersuchungen

Für die dritte Untersuchung wurde im Vergleich zur vorherigen Studie wieder auf den Unterricht aus der ersten Untersuchung zurückgegriffen, da der Unterricht zum Mantelstromtriebwerk in der Praxis besser funktionierte als der zum Propeller, sodass die diesbezüglichen Fragen im Fragebogen dementsprechend wieder geändert wurden (vgl. Anh. 10.4). Außerdem wurde die Betreuung der untersuchten Klassen wieder enger gestaltet, um die Probleme aus der vorherigen dritten Untersuchung zu verhindern.

Durch diese Änderung ergab sich allerdings keine Änderung des Kategoriensystems. Somit konnte nach dem gleichen inhaltsanalytischen Verfahren wie in der vorherigen Untersuchung vorgegangen werden und das Kategoriensystem übernommen werden, wie es sich in Tabelle 16 zeigt.

Kategorie	Beschreibung	Ankerbeispiele	Kodierregeln
Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems.	„Flügel“, „Turbine“, „Cockpit“	Gewertet werden Aussagen über Bestandteile eines Flugzeugs außerhalb von Beschreibungen über funktionale Zusammenhänge des Bestandteils.
Funktionswissen	Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Personenflugzeug“, „Flügel zum Fliegen“	Gewertet werden einfache, die Funktion eines technischen Artefakts oder dessen Bestandteile betreffende Aussagen.
Begründetes Funktionsweisen	Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Flügel erzeugt Auftrieb“, „fehlender Bypass sorgt für Verringerung von Schub“	Gewertet werden Aussagen, die auf eine Begründung des Zusammenhangs einer Funktion eines technischen Artefakts schließen lassen. Die Begründung kann dabei sehr einfach ausfallen.
Technisch-Kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems oder dem Wissen über diese in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.	„Man könnte ein Modell von jedem Flugzeug bauen und in einem Windkanal ausprobieren, welches am höchsten fliegt“, „dass es nicht zu viel Luftwiderstand erzeugt“	Gewertet werden Aussagen, in welchen klar erkennbar abstrahierend mit dem Wissen über Flugzeuge umgegangen wird.
Metatechnisches Wissen (Mensch - Technik - Umwelt)	Wissen über eine den Menschen, die Umwelt oder beides betreffende Auswirkung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Umwelt Verschmutzung durch Abgase“, „Es ist immer sehr viel Lärm.“	Gewertet werden einfache Aussagen, welche Auswirkungen von Technik auf Menschen oder der Umwelt beschreiben.

Tabelle 16: Kategoriensystem des technischen Wissens für die dritte Untersuchung

### 7.4.2 Ergebnisse der Untersuchung

Im Ergebnis (vgl. Tabelle 17) zeigten sich im Vergleich zu den vorherigen Untersuchungen Ergebnisse, die wieder stärker der zweiten Untersuchung entsprechen. Bei Aufbau- und Funktionswissen werden ähnlich viele Hinweise bei den Schülerantworten gefunden wie es bei den beiden vorherigen Untersuchungen der Fall war. Bei der technisch-kreativen Fähigkeit und dem begründeten Funktionswissen zeigen sich mit 78 % und 39 % wieder ähnlich viele Schülerinnen und Schüler wie in der zweiten Untersuchung, bei denen sich Hinweise finden. Die Ergebnisse im Bereich des metatechnischen Wissens bestätigen mit 96 % die Ergebnisse aus der vorherigen Studie. Damit kann die Vermutung bestätigt werden, dass die schlechteren Ergebnisse im Bereich des begründeten Funktionswissens und der technisch-kreativen Fähigkeit in der dritten Untersuchung mit den Problemen bei der Unterrichtsdurchführung zusammenhängen.

Kategorie	Hinweise gesamt	Schüler mit Hinweis	Prozent von Schülern ge- samt mit Hinweis	Mittelwert der Hinweise bei Schülern mit Hinweis
Aufbauwissen	158	22	96 %	7,2
Funktionswissen	66	21	91 %	3,1
begründetes Funktionswissen	12	9	39 %	1,3
technisch-kreative Fähigkeit	41	18	78 %	2,3
metatechnisches Wissen	114	22	96 %	5,2

Tabelle 17: Ergebnisse der dritten Untersuchung

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge mittels Rangkorrelation nach Spearman (vgl. Abb. 30) zeigen sich beim Aufbauwissen, Funktionswissen und technisch-kreativem Wissen jeweils wieder signifikante Zusammenhänge (die notwendigen Vorbedingungen für die Berechnung nach Spearman, Normalverteilung und Monotonie wurden als erfüllt bewertet (vgl. Anh., 10.2)). Das Aufbauwissen korreliert sowohl mit der technisch-kreativen Fähigkeit ( $r=0,415$ ,  $p=0,049$ ,  $n=23$ ) als auch mit dem Funktionswissen ( $r=0,447$ ,  $p=0,032$ ,  $n=23$ ) positiv. Das Funktionswissen korreliert wie bei den vorherigen Untersuchungen positiv mit der technisch-kreativen Fähigkeit ( $r=0,525$ ,  $p=0,010$ ,  $n=23$ ).

Rangkorrelation nach Spearman (n=23)	technisch- kreative Fähig- keit	Funktions- wissen	metatechni- sches Wissen
Aufbauwissen	0,415 Sig.: 0,049*	0,447 Sig.: 0,032*	0,524 Sig.: 0,010*
technisch-kreative Fähigkeit		0,525 Sig.: 0,010*	0,442 Sig.: 0,035*
Funktionswissen			keine Monotonie
*Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,05 signifikant (zweiseitig)			
** Die Korrelation ist auf dem Niveau 0,01 signifikant (zweiseitig)			

Tabelle 18: Zusammenhänge in der dritten Untersuchung

Interessant sind die Ergebnisse beim metatechnischen Wissen. Im Vergleich zur vorherigen Untersuchung kann dieses Mal, bei Einhaltung der Vorbedingungen, eine positive signifikante Korrelation zwischen metatechnischem Wissen und dem Aufbauwissen festgestellt werden ( $r=0,524$ ,  $p=0,010$ ,  $n=23$ ). Im Vergleich dazu kann in

der graphischen Auswertung kein monotoner Zusammenhang zwischen metatechnischem Wissen und dem Funktionswissen festgestellt werden. Lediglich der schon in der vorherigen Untersuchung festgestellte Zusammenhang zwischen technisch-kreativer Fähigkeit und metatechnischem Wissen bestätigt sich ( $r=0,442$ ,  $p=0,035$ ,  $n=23$ ). Hier findet sich eine positive Korrelation. Die Ergebnisse im Bereich des metatechnischen Wissens bleiben so unklar.

Zur Güte sei hinsichtlich der Validität wie bei den beiden vorherigen Untersuchungen auf die semantische Gültigkeit (vgl. Kapitel 6.3) und die Konstruktvalidität verwiesen (vgl. Kapitel 7.3.2). Hinsichtlich der Reliabilität ergibt sich bei einer Prüfung der Intercoderreliabilität zwischen zwei Ratern nach Holsti (vgl. Kapitel 6.3) ein CR-Wert von .93, der wieder als akzeptabel bewertet wird.

---

## 7.5 Zusammenfassung und Diskussion der empirischen Ergebnisse

Aus der ersten empirischen Untersuchung ergaben sich sechs Kategorien, welche im Falle des Fertigungswissens und des Funktionswissens noch in verschiedene Facetten unterteilt werden konnten und die mit Ausnahme des Fertigungswissens auch in den anschließenden Untersuchungen zu den Zusammenhängen genutzt wurden. Wie schon in der Diskussion in Kapitel 7.1.3 deutlich gemacht, kann dies durch den unbekanntem impliziten Anteil und die Überschneidung mit dem Aufbauwissen nur fragmentarisch erfasst werden und wurde dementsprechend für die Frage nach dem expliziten technischen Wissen nicht weiter betrachtet. Das Aufbauwissen wurde als komplett neue Kategorie definiert. In theoretischen Betrachtungen technischen Wissens, wie beispielsweise bei Ropohl, kommt dieses Wissen nur in Verbindung mit der Funktion vor. Die Eigenständigkeit ist jedoch erklärbar, wenn man den Zugang eines Laien an ein technisches System betrachtet: Die einzelnen Teile zu benennen, ist ein erster Schritt zum Verständnis und notwendige Bedingung, um sich das System weiter zu erschließen. Das Funktionswissen war eine Kategorie technischen Wissens, die in der ersten Untersuchung zunächst in vier Facetten unterteilt wurden. Diese wurden jedoch nicht vollständig in den weitergehenden Untersuchungen verwendet. Für das pragmatische Wissen als Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge von technischen Systemen oder Bestandteilen technischer Systeme fanden sich in den weiteren Untersuchungen keine Hinweise. Es ist damit allerdings nicht aus der Betrachtung technischen Wissens auszuklammern: Die erste empirische Untersuchung zeigt deutliche Hinweise zu dieser Kategorie und sie ist auch in den Theorien zum technischen Wissen, wie beispielsweise bei Vincenti, gut beschrieben. Vincenti sagt aber auch, dass sich dieses pragmatische Wissen im Umgang mit der Technik ergibt. Und so erscheint das Nicht-Finden von Hinweisen zum pragmatischen Funktionswissen in den weitergehenden Untersuchungen eher als Bestätigung der Kategorie, da hier nämlich ein Inhalt gewählt wurde (Flugzeuge), welcher sich kaum durch einen alltäglichen Umgang durch den Lehrer oder die Schüler auszeichnet und in dem sich eine Aussage analog zu „Großes Gehäuse für guten Klang“ entwickeln kann. Schon in der Diskussion in Kapitel 7.1.3 wurde erkannt, dass das Was-Wofür-Wissen als Wissen über eine Fähigkeit eines technischen Systems und das Wenn-Dann-Wissen als Wissen über eine Abhängigkeit innerhalb eines oder zwischen mehreren technischen Systemen kaum inhaltlich zu trennen ist. Aus

diesem Grund wurden diese beiden Facetten zur Kategorie Funktionswissen zusammengefasst. Die letzte Facette des Funktionswissens, das Was-Warum-Wissen als Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems, wurde als begründetes Funktionswissen in den weitergehenden Untersuchungen mitbetrachtet. Das begründete Funktionswissen baut auf dem Funktionswissen auf und stellt eine Erweiterung dar. Für die Untersuchung der Zusammenhänge wurden die beiden verbleibenden Kategorien des Funktionswissens zu einer globalen Funktionskategorie zusammengefasst, weil eine Einzelbetrachtung für die Berechnung wegen der inhaltlichen Überschneidung – Funktionswissen ist immer notwendige Voraussetzung für begründetes Funktionswissen – nicht sinnvoll ist.

Zusammenfassend können so, mit Rückblick auf die erste der beiden Fragestellungen (vgl. Kapitel 6.1) „*Welche Kategorien expliziten technischen Wissens lassen sich im Bereich der allgemeinen technischen Bildung, in Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern, unterscheiden?*“, aus der Auswertung und Analyse der Daten fünf Kategorien technischen Wissens (vgl. Tabelle 19) sowie eine Kategorie im Bereich der Fähigkeit isoliert werden:

Kategorie	Beschreibung
technisches Funktionswissen	Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.
Begründetes technisches Funktionswissen	Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.
Pragmatisches technisches Funktionswissen	Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge von technischen Systemen oder Bestandteilen technischer Systeme wie z.B. Normalkonfigurationen.
Technisches Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems.
Technisch-kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems oder dem Wissen über diese in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.
Metatechnisches Wissen	Wissen über die Interaktion der Gesellschaft und der Umwelt mit der technischen Welt.

Tabelle 19: Kategorien technischen Wissens aus der empirischen Untersuchung

---

Schaut man sich die Untersuchungen zu den Zusammenhängen an, ergeben sich für drei der vier ermittelten Kategorien über alle diesbezüglichen Untersuchungen hinweg signifikante Korrelationen. Für das Aufbauwissen und das Funktionswissen wurde in der ersten Untersuchung eine Unabhängigkeit vermutet. Diese kann jedoch nicht bestätigt werden. Auch, wenn es durchaus Schülerinnen und Schüler gab, bei denen Hinweise auf Aufbauwissen gefunden werden konnten, nicht jedoch Wissen über funktionale Zusammenhänge, gibt es über alle Schülerinnen und Schüler hinweg einen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen beiden Kategorien. Schüler, die viel Wissen über den Aufbau eines technischen Systems besitzen, haben höchstwahrscheinlich auch viel Wissen über die Zusammenhänge der Bauteile, die sie kennen. Eine Schülerin oder ein Schüler, der viel Wissen über den Aufbau eines technischen Systems hat, besitzt damit auch die Begriffe, um funktionale Zusammenhänge zu beschreiben oder kann sich diese aus den Begriffen erklären. Ohne dies gelingt das nicht. Außerdem korrelieren Aufbauwissen und Funktionswissen nicht nur miteinander, sondern auch mit der technisch-kreativen Fähigkeit. Die Kategorie technisch-kreative Fähigkeit ist ein Sonderfall, weil in dieser mehr der Umgang mit dem Wissen über Technik in der Anwendung des Wissens erfasst wird, wie es in Kapitel 7.1.2 und 7.1.3 beschrieben ist. Die Korrelation zwischen der technisch-kreativen Fähigkeit und dem Funktions- und Aufbauwissen lässt sich jedoch mit der Diskussion zur technischen Begabung und Leistungsfähigkeit bestätigen und dabei insbesondere die Anmerkungen von Mohr und Baumann zur Abhängigkeit technischer Leistungsfähigkeit vom Vorwissen (vgl. Kapitel 5.3). Sehr unklar bleiben zuletzt die Ergebnisse der Analyse der Zusammenhänge zwischen dem metatechnischen Wissen und den anderen Wissenskategorien. Schon in der ersten Diskussion der Ergebnisse der deduktiv-induktiven Kategorienbildung wurde die Eigenständigkeit sowohl sprachlich als auch inhaltlich zwischen dem metatechnischen Wissen und den anderen Kategorien besprochen. In den beiden Untersuchungen, in denen das metatechnische Wissen mit untersucht wurde, widersprechen sich die Ergebnisse bezüglich der Abhängigkeit zu den anderen Kategorien größtenteils. Für eine mögliche Erklärung können die inhaltlichen Unterschiede dienen. Inhaltlich waren die Fragen zum metatechnischen Wissen so weit gefasst, dass es außer rudimentärem technischen Wissen, z.B., dass Flugzeuge laut sind, kaum Anknüpfungspunkte zwischen dem konkret gelernten Wissen über Technik und einem gesellschaftlichen Problem bestand. Ohne diesen gibt es auch keinen Grund für einen Zusammenhang zwischen

den Wissenskategorien. An dieser Stelle zeigt sich aber auch ein Problem der Kategorie, die aus der Theorie übernommen wurde. Das metatechnische Wissen wird in den philosophischen Betrachtungen nur sehr allgemein beschrieben, sodass unklar bleibt, welche Wissensinhalte dem metatechnischen Wissen genau zuzuordnen sind. Eine genauere Definition der Inhalte des metatechnischen Wissens, gerade bezüglich der Verknüpfungen zwischen Technik und Gesellschaft, würde zu einer Präzisierung beitragen.

Somit kann bezüglich der zweiten Fragestellung „*Welche Zusammenhänge können zwischen den Kategorien expliziten technischen Wissens, die anhand von Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern entwickelt werden, festgestellt werden?*“ festgestellt werden, dass mit Ausnahme des metatechnischen Wissens alle fünf gefundenen Kategorien technischen Wissens sowie die technisch-kreative Fähigkeit positiv miteinander korrelieren. Die Ergebnisse hinsichtlich des metatechnischen Wissens sind von Untersuchung zu Untersuchung unterschiedlich und erlauben deshalb keine eindeutige Aussage.

In Kapitel 5.2 wurde anhand einer Einteilung von Akremi schon auf das Generalisierungsziel eingegangen, beim Codieren entstehende Vermutungen und Zusammenhänge zwischen den Wissenskategorien technischen Wissens als typisch oder untypisch zu klassifizieren, um so auf einer theoretischen Ebene formulieren zu können, unter welchen Bedingungen die Aussagen getroffen werden können. Dieses Ziel konnte mit der Untersuchung erreicht werden. Es wurden neue Kategorien technischen Wissens aus dem Material heraus definiert, wie das pragmatische Funktionswissen oder das Aufbauwissen, als auch Kategorien gefunden, die sich in ähnlicher Form auch in bereits bestehenden Kategorisierungen finden lassen wie z.B. das metatechnische Wissen. Wobei alle gefundenen Kategorien Anknüpfungspunkte zur Erklärung mit den in Kapitel 2-5 analysierten Theorien über das technische Wissen haben. Gerade die neuen Kategorien wie das Aufbauwissen können gleichzeitig die Veränderung des von der „fertigen Technik“ einer systemtheoretischen Betrachtung zum unfertigen Blick einer Schülerin oder eines Schülers als Laien aufzeigen. Und

---

dies ist auch der Blickwinkel, aus dem sich die technische Allgemeinbildung technischen Sachverhalten nähert: An typischen Beispielen werden technische Sachverhalte vermittelt, sodass die Lernenden im Regelfall Laien sind. Somit ergibt sich ein theoretisches Modell des technischen Wissens, welches sich aus den gefundenen Strukturen für diese Art des Zugangs verallgemeinern lässt.

## 8 Diskussion

Nach einem kurzen Rückblick auf das Ziel und die Vorgehensweise werden in diesem Kapitel zentrale Erkenntnisse zusammengefasst. Im Anschluss daran werden einzelne Aspekte aus der Arbeit miteinander in einem allgemeineren Zusammenhang diskutiert. Aus diesen Punkten ergibt sich dann das Fazit der Arbeit und ein Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben.

### 8.1 Rückblick auf Ziel, Fragestellung und Vorgehensweise

Am Anfang der Arbeit wurde aus der Notwendigkeit allgemeiner technischer Bildung und der Frage nach der inneren Verfasstheit des Wissens der Technikwissenschaften die Frage aufgeworfen, was technisches Wissen im Bereich der allgemeinen technischen Bildung ausmacht. Dabei wurde darauf hingewiesen, dass das Wissen über das Wissen in der didaktischen Forschung eher selten erforscht wird, auch wenn die Verortung und systematische Betrachtung des Wissensbegriffs als wichtige Ziele erachtet werden. Aus diesem Themenkomplex wurde somit als Ziel der Arbeit ausgemacht, technisches Wissen aus Sicht der allgemeinen technischen Bildung zu strukturieren, also Wissenskategorien zu finden, um das Wissen abbilden und Zusammenhänge untersuchen zu können.

In der Technikphilosophie gibt es verschiedene Ansätze, das Wissen über Technik zu strukturieren. Hierbei handelt es sich um theoretische Konstrukte, die zwar wegen der fehlenden Bildungsperspektive und der fehlenden empirischen Betrachtung nicht als fertiges Modell, jedoch als geeignete Grundlage für die Untersuchung dienen konnten.

Konkret wurde innerhalb der Arbeit zunächst in einem theoretischen Teil der Wissensbegriff aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet, da dieser zentral für die Arbeit ist. Zudem wurden der Technikbegriff und das Feld der allgemeinen technischen Bildung umrissen. Anschließend wurden wichtige theoretische Modelle des technischen Wissens untersucht. Außerdem wurden das implizite Wissen und mögliche Abgrenzungen zwischen technischem und naturwissenschaftlichem Wissen betrachtet. Im Hinblick auf technisches Wissen als Leistungsmerkmal und für die empirischen Untersuchungen schloss daran eine Analyse der technischen Begabung und

---

technischen Intelligenz an. Im Anschluss an diese theoretische Herangehensweise wurde in vier empirischen Untersuchungen mittels inhaltsanalytischer Verfahren ein Kategorienmodell der technischen Bildung entwickelt.

## 8.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wissen ist personengebunden. Jemand hat Wissen von etwas über etwas. Allerdings besteht über alle wissenschaftlichen Betrachtungsperspektiven hinweg Konsens, dass Wissen sich in zwei unterschiedlichen Formen zeigt. Einmal als Information über einen Sachverhalt, der verbalisiert werden kann. Dieses Wissen wird beispielsweise explizites Wissen, propositionales Wissen oder Know-That genannt. Zum anderen das Wissen, das befähigt, etwas tun zu können. Auch das ist Wissen und wird mit Begriffen wie Know-How oder implizites Wissen bezeichnet. Im Gegensatz zu ersterem ist es nicht unbedingt verbalisierbar. Um zu definieren, was Wissen ist, wird ein weiterer Begriff benötigt: Wahrheit. Die Definition der Wahrheit ist die Definition, was zum Wissen gehört und was nicht. Für die Definition der Wahrheit gibt es unterschiedliche Ansätze. Zwei bekannte Ansätze finden sich in der Philosophie und der Soziologie. In der Erkenntnistheorie wird Wahrheit üblicherweise als wahrer gerechtfertigter Glaube definiert, bei der angenommen wird, dass es eine eindeutige (empirische) Wahrheit gibt. In der Soziologie wird im Ansatz von Berger und Luckmann Wahrheit als das beschrieben, was von der Gesellschaft als wahr angenommen wird. Für das Wissen über Technik ergeben sich aus beiden Ansätzen Probleme bei der Einschätzung, was wahr ist, weil technische Systeme den Naturwissenschaften als empirische Wahrheiten unterworfen sind, während gleichzeitig in ihrer Interaktion mit dem Nutzer oder Erschaffer und in der Bewertung Wissen entsteht, das mehr der soziologischen Definition entspricht. Als brauchbare Wahrheitsdefinition für das Wissen über Technik zeigte sich die Gaycken'sche (vgl. Kapitel 3.1.2). Diese beschreibt Wahrheit in Bezug auf handlungsanleitendes technisches Wissen als zuverlässigen effizienten Glauben.

Aus der Perspektive der Bildung ergeben sich bezüglich des Wahrheitsanspruchs allerdings noch weitere Aspekte. Wissen über einen Sachverhalt kann sehr breit sein und viele Aspekte und Verknüpfungen haben oder nur sehr bruchstückhaft. Mit Lutz Koch wurde dieser Unterschied anhand der Begriffe „starkes Wissen“ und „schwaches Wissen“ erörtert (vgl. Kapitel 2.1.4). Gleichzeitig ist Wissen in einem allgemeinbildenden Kontext aus pragmatischer Perspektive notwendigerweise nicht immer alle Aspekte eines Themas durchdringend, sodass Wissen auch eine Begründung

---

braucht, die dem jeweiligen Bildungskontext angemessen erscheint. Roger Hofer unterscheidet hierbei drei Arten von Wissen mit verschiedenen Begründungszusammenhängen (vgl. Kapitel 2.1.4). Dazu zählt das Begründungswissen, welches innerhalb des schulischen Kontextes systematisch begründet werden kann, das Gebrauchswissen, welches mangels Begründungsmöglichkeit von anderen übernommen wird und dessen Begründung sich aus der Art der Quelle ergibt, sowie das Erfahrungswissen, welches z.B. durch Experimente (oder im Kontext der allgemeinen technischen Bildung bei der Konstruktion oder Fertigung) selbst erschlossen werden kann. Aus der Analyse der technischen Bildung ergibt sich als übergeordnetes Strukturelement vor allem die Vermittlung an Beispielen, welche exemplarisch die vorgeordnete Wissensstruktur repräsentieren sollen, und die dadurch nochmals verdeutlichte Notwendigkeit diese Strukturen näher zu untersuchen.

Für die Definition des technischen Wissens finden sich in verschiedenen technikphilosophischen Betrachtungen Beschreibungen, die mehr oder weniger ausgearbeitet sind. Zunächst lassen sich zwei grundsätzliche Möglichkeiten des Strukturierens erkennen, die Schmayl als horizontale und vertikale Struktur bezeichnet. Mit horizontal ist dabei eine Einteilung in Wissensgebiete wie Elektrotechnik, Maschinenbau usw. gemeint. Mit vertikal ist eine Einteilung im Hinblick auf die Art der Kenntnisse gemeint. Erst letzteres ist die Frage nach der inneren logischen Struktur der Wissensinhalte. Die Einteilung von Ropohl innerhalb der Systemtheorie der Technik ist auch eine vertikale und wird innerhalb der Arbeit als Grundlage genutzt (vgl. Kapitel 3.2.1). Ropohl unterteilt das technische Wissen in technisches Können, funktionales Regelwissen, strukturelles Regelwissen, technologisches Gesetzwissen und öko-sozio-technologisches Systemwissen. Diese systemtheoretische Sichtweise zeigt sich in der empirischen Untersuchung allerdings im Hinblick auf das Wissen von Lernenden als problematisch. Die Einteilung geht von der klaren Definierbarkeit von Innen und Außen eines technischen Artefakts aus, um die einzelnen Wissenskategorien zu trennen. Aus der empirischen Untersuchung heraus zeigen sich im Lernprozess jedoch zunächst einzelne Fragmente, die sich nicht an einer solchen Unterscheidung, sondern mehr im funktionalen Bereich an der Tiefe der Erkenntnis voneinander trennen lassen.

In einem Exkurs wurde das implizite technische Wissen betrachtet. Technisches Wissen hat implizite und explizite Anteile, wobei auch für die hier betrachtete Bildungsperspektive die Aufteilung von Vincenti, welcher eher die Ingenieurwissenschaften im Blick hatte, nützlich erscheint (vgl. Kapitel 4). Das Wissen über Technik wird so in deskriptives technisches Wissen, welches immer explizit bleibt, einem präskriptiven technischen Wissen, welches sowohl implizit wie explizit vorliegen kann, und einem technischen Können, welches immer implizit ist, unterteilt.

Ein Bereich, der empirisch beforscht wird und der starke Ähnlichkeit mit dem Forschungsfeld technischen Wissens hat, ist die Begabungs- und Intelligenzforschung im Bereich der Technik. Im einzigen auch empirisch untersuchten deutschsprachigen Modell technischer Begabung wird die technische Begabung als die Fähigkeit, technische Intelligenz, technische Kreativität und technisches Schöpferum zu nutzen beschrieben. Die Begabung zeigt sich dabei in der Interaktion zwischen den drei Faktoren im Austausch zwischen Erkenntnistätigkeit und der Arbeitstätigkeit. Die in diesem Kontext beschriebene Intelligenz ist dabei auch mit dem Wissen über Technik verknüpft, welches allen anderen technischen Fähigkeiten zu Grunde liegt. Im Bereich der technischen Intelligenz werden vor allem die visuellen Fähigkeiten, also das Erkennen von z.B. mechanischen Zusammenhängen, als Hinweis auf technische Intelligenz gewertet. Wobei auch die visuellen Fähigkeiten vom Wissen über z.B. den Aufbau und die Darstellung technischer Zusammenhänge abhängig sind, worauf auch einige Untersuchungen zur technischen Intelligenz hinweisen. Um beispielsweise eine Mechanik zu begreifen und mental manipulieren zu können, muss man sie als manipulierbar erkennen.

Im Ergebnis der empirischen Untersuchungen des expliziten technischen Wissens bei Schülerinnen und Schülern lassen sich im Kontext der allgemeinen technischen Bildung als Wissenskategorien aus der Perspektive eines Lernenden sechs Kategorien eindeutig isolieren. Dazu zählen drei verschiedene Facetten des Funktionswissen, das technische Aufbauwissen, das metatechnische Wissen und die technisch-kreative Fähigkeit. Die erste Facette der Funktion ist das technische Funktionswissen. Es ist das Wissen über eine funktionale Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems. Die Kategorie des begründeten Funktionswissens baut hierarchisch auf der erstgenannten auf.

---

Das begründete Funktionswissen beinhaltet das Wissen über den Grund einer funktionalen Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems. Das pragmatische Funktionswissen schließlich beinhaltet das Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge von technischen Systemen oder Bestandteilen technischer Systeme wie z.B. Normalkonfigurationen. Das Aufbauwissen beinhaltet das Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems. Diese Kategorie findet sich so alleinstehend in keiner der bereits bekannten Kategoriensysteme. Außerdem konnte die Kategorie des metatechnischen Wissens isoliert werden, welche alles Wissen über die Interaktion der Gesellschaft und der Umwelt mit der technischen Welt. beinhaltet, wobei die Untersuchungen aufzeigen, dass dieses Wissen einer genaueren theoretischen Betrachtung bedarf. Die letzte Kategorie stellt die technisch-kreative Fähigkeit dar, in der mehr der Umgang mit dem Wissen über Technik in der Anwendung des Wissens erfasst wird. Die technisch-kreative Fähigkeit wird als Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems oder dem Wissen über dieses in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung definiert.

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung der Zusammenhänge der herausgearbeiteten Kategorien technischen Wissens zeigen über alle drei Untersuchungen hinweg, dass Wissen über funktionale Zusammenhänge, über den Aufbau sowie die technisch-kreative Fähigkeit jeweils miteinander korrelieren. Gerade die Zusammenhänge zwischen Aufbauwissen und funktionalem bzw. technisch-kreativer Fähigkeit erscheinen vor dem Hintergrund, dass der Aufbau beidem zu Grunde liegt, folgerichtig. Auch der Zusammenhang zwischen Funktionswissen und technisch-kreativer Fähigkeit erscheint vor dem Hintergrund der Theorie zur technischen Begabung und Leistungsfähigkeit richtig. Die Befunde zum metatechnischen Wissen im Hinblick auf die anderen Kategorien variieren, sodass hier keine eindeutige Aussage zu treffen ist. Dabei sei aber auf die schon beschriebene ungenaue Definition dieser Kategorie (auch innerhalb der bereits bestehenden Theorien zum technischen Wissen) verwiesen, welche weitere Untersuchungen notwendig macht.

### 8.3 Schlussfolgerungen für die technische Bildung

Beim Beschreiben der Vorgehensweise innerhalb der Arbeit wurde bereits vorweggenommen, dass die empirischen Ergebnisse hinsichtlich der theoretischen Vorarbeit zum Ende hin nochmals punktuell näher beleuchtet werden sollen. Im Folgenden werden in diesem Sinne einige Aspekte des theoretischen Teils der Arbeit nochmals aufgegriffen und in Verbindung mit den empirischen Ergebnissen gebracht, um einen tieferen Blick auf das technische Wissen im Bereich der allgemeinen technischen Bildung zu erhalten. Die Aspekte, die so mit den empirischen Aspekten in Verbindung gebracht werden, sind dabei das Verhältnis von starkem und schwachem Wissen, die Nutzung von Beispielen für übergeordnete Wissensstrukturen und der Begründungszusammenhang von Wissen.

#### 8.3.1 Starkes und schwaches technisches Wissen

Im Hinblick auf Bildung allgemein unterscheidet Lutz Koch zwischen starkem Wissen und schwachem Wissen. Der erste Aspekt, der hier diskutiert werden soll, ist diese Unterscheidung im Hinblick auf die Ergebnisse dieser Arbeit. In Kapitel 2.1.4 wird die Unterscheidung zwischen schwachem Wissen und starkem Wissen als Unterscheidung zwischen einer Information, für die man selbst keine Begründung hat, und einem begründeten Wissen, welches ähnlich wie in der Erkenntnistheorie definiert wahrer gerechtfertigter Glaube ist, gemacht. In der Arbeit wurde für das technische Wissen die Definition der Wahrheit von Sandro Gaycken als zuverlässiger, effizienter Glaube übernommen (vgl. Kapitel 3.1.2). Wobei zuverlässig meint, dass eine Handlung auch wiederholbar zum richtigen Ergebnis kommt, und effizient, dass nicht jede beliebig komplizierte Lösung, als technisches Wissen zu bezeichnen ist. Überträgt man diese Definition in die Koch'sche Unterscheidung, ändert sich die Definition des schwachen Wissens als nicht begründbare Information nicht, während starkes Wissen sich im Kontext technischen Wissens dadurch auszeichnet, dass der Träger um die Effizienz und Zuverlässigkeit seiner Information weiß und diese dementsprechend auch begründen kann. Blickt man aus dieser Perspektive auf die Kategorien technischen Wissens aus der empirischen Untersuchung (vgl. Kapitel 7), stellt sich die Frage, wie bei diesen eine solche Unterscheidung erfolgen kann.

---

Zunächst interessant ist dabei das Funktionswissen und das begründete Funktionswissen, weil hier schon eine Hierarchie festgestellt wurde. Die Begründung baut notwendigerweise auf einem funktionalen Zusammenhang auf. Trotzdem können auch innerhalb beider Kategorien Unterschiede ausgemacht werden. Im Hinblick auf das Funktionswissen kann das Wissen um Verknüpfungen fragmentarisch sein, sodass diese zwar bekannt, nicht jedoch miteinander verknüpft sind oder für eine Argumentation hinsichtlich Effizienz oder Zuverlässigkeit taugen. Andersherum kann das Wissen über funktionale Elemente innerhalb eines technischen Systems gut verstanden und auch dazu benutzt werden, zu begründen, warum ein technisches System am besten so aufzubauen ist wie es aufgebaut ist. Beispielsweise kann eine Person einfache funktionale Zusammenhänge kennen, wie beispielsweise, welcher Knopf zu drücken ist, um einer Maschine ein bestimmtes Ergebnis zu entlocken, oder auch Wissen davon besitzen, welche Bauteile innerhalb dieses Systems mit welchen kommunizieren, um dies möglich zu machen (ohne die Kommunikation als solche zu verstehen). Gleiches gilt für das begründete Funktionswissen, das darauf aufbauend das Wissen über die Art der Kommunikation enthält. Die Begründung kann vom Kennen des Zusammenhangs bis zu einem tieferen Verständnis dieses Zusammenhangs reichen. Auch hier kann ein Beispiel den Unterschied verdeutlichen: Eine Person kann wissen, dass das Hebelgesetz in einem Getriebe wirkt oder zusätzlich dazu, wie die diesem zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeiten wirken, um damit ein Getriebe bewerten zu können.

Im Bereich des Aufbauwissen ist eine Aufteilung ähnlicher Art denkbar. Schwaches Aufbauwissen ist das Wissen um die Bestandteile, aus welchen ein technisches System besteht. Starkes Aufbauwissen ist dann die Verknüpfung mit dem Wissen um die Verortung der Bauteile innerhalb eines technischen Systems oder auch mit deren Aussehen. Eine solche Abstufung wäre beispielsweise das Wissen darum, dass ein Smartphone einen Prozessor beinhaltet oder zusätzlich dazu, wo sich dieser innerhalb des Smartphones befindet und wie dieser aussieht.

Die Einteilung des pragmatischen Funktionswissens in schwaches und starkes Wissen zeigt ein großes Problem solcher Wissensinhalte im Bereich der allgemeinen technischen Bildung. Dies kann an dem Beispiel für ein solches Wissen, welches in Kapitel 7.1.1 beschrieben wird, verdeutlicht werden: Für einen guten Klang sollte

das Gehäuse einer Musikbox groß sein. Das pragmatische technische Wissen ist das Wissen um einen angemessenen und effizienten Umgang mit bestimmten technischen Zusammenhängen, welches sich auch in Normalkonfigurationen für bestimmte technische Zusammenhänge manifestiert. Gleichzeitig ist dieses Wissen sehr speziell für verschiedene Fachrichtungen und kann den Begründungszusammenhang in der erfolgreichen Anwendung verlieren. Während ein Experte diesen zumindest durch sein sonstiges Wissen um das Themenfeld einordnen kann, besteht in einem Bildungskontext, in dem dieses an einen Laien weitergegeben wird, jedoch stets die Gefahr, die Begründungen für und Einschränkungen auf ein sehr spezielles Gebiet nicht einordnen zu können. So gilt der Satz, dass das Gehäuse groß sein soll, nicht unendlich und nur für bestimmte Lautsprecher.

Analog zur Schwierigkeit, das metatechnische Wissen in den empirischen Untersuchungen zu fassen, zeigen sich in der Betrachtung aus der Perspektive von starkem und schwachen Wissen ähnliche Probleme. Zunächst ist hierbei zu diskutieren, inwieweit die Definition von starkem Wissen als effizienter zuverlässiger Glaube auch für das metatechnische Wissen zutrifft. Denn gerade die Diskussion der Interaktion von Technik und Gesellschaft hängt von den Normen ab, welche sich eine Gesellschaft auferlegt. Vielmehr scheint hier also die Wahrheit das zu sein, was gesellschaftlicher Konsens ist, wie es am Beispiel von Berger und Luckmann in Kapitel 2.1.2 beschrieben wurde. An einem solchen Maßstab gemessen wäre starkes metatechnisches Wissen in einen solchen Kontext eingebettet. Ohne jedoch den Inhaltsbereich des metatechnischen Wissens vorher genauer zu definieren, kann eine solche Bewertung nur unbefriedigend erfolgen.

Zum Abschluss sei darauf hingewiesen, dass die „Stärke“ des Wissens auch dadurch zunimmt, dass das Wissen aus allen Kategorien verknüpft wird und sich aus dieser Verknüpfung heraus ein tiefes Verständnis für ein technisches System ergibt. Die Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen den Kategorien geben darauf einen Hinweis. Wer in den Untersuchungen mehr Aufbauwissen hat, hat auch mehr Wissen über die Funktion und erreicht auch bessere Ergebnisse bei der technisch-kreativen Fähigkeit (vgl. Kapitel 7.2 – 7.4). Gleichwohl lässt sich in einem allgemeinbildenden Kontext, beispielsweise wegen der Komplexität eines technischen Sachverhalts, nicht immer jeder Zusammenhang erklären. Gerade dann kann eine

---

Beschäftigung mit der Stärke des Wissens eine Möglichkeit sein, ein konsistentes vermittelbares Niveau des allgemeinen Verständnisses für ein technisches Thema für die Weitergabe zu entwickeln.

### **8.3.2 Das Exemplarische der technischen Bildung und das technische Wissen**

Nach dem Aspekt des starken und schwachen Wissens soll an dieser Stelle noch ein weiterer Punkt aus der theoretischen Beschäftigung mit dem technischen Wissen innerhalb dieser Arbeit mit den empirischen Ergebnissen diskutiert werden: das exemplarische Prinzip der allgemeinen technischen Bildung. Dabei wird die Diskussion aus Kapitel 2.3 nochmals aufgenommen, in der bereits darauf hingewiesen wurde, dass eine Kategorisierung technischen Wissens für das Arbeiten mit Beispielen hilfreich sein könnte.

Ein exemplarischer Unterricht zielt darauf ab, allgemeine Zusammenhänge an einem Beispiel zu erlernen. Schmayl beschreibt diese Vorgehensweise dabei wie folgt: An einem Beispiel sollen sich die diesem eigenen und sich auf eine Gesamtheit übertragbaren dahinterliegenden Wissensstrukturen erklären lassen (vgl. Kapitel 2.3.4). Ein solches Vorgehen ist nur zielführend, wenn im Vorfeld bereits bekannt ist, welche Wissensstrukturen im Unterricht vermittelt werden sollen. Für die Entscheidung, welche dahinterliegenden Wissensstrukturen überhaupt in einem Beispiel enthalten sind, braucht es eine systematische Sicht auf die Strukturen. Außerdem muss für ein solches Vorgehen entschieden werden, welches Beispiel welche Möglichkeiten zur Verallgemeinerung bieten. In dieser Arbeit werden Kategorien technischen Wissens entwickelt, mit deren Hilfe diese Strukturen analysiert werden können. Auf die Möglichkeit, Inhalte des Technikunterrichts mithilfe von Kategorien technischen Wissens zu analysieren, hat auch schon Peter Röben hinsichtlich der didaktischen Reduktion und der Kategorien technischen Wissens nach Ropohl hingewiesen (vgl. Röben 2013, S. 39-44). Mit den in der Arbeit entwickelten Kategorien technischen Wissens kann eine solche Analyse weiter präzisiert werden. Für ein technisches Artefakt kann beispielsweise im Hinblick auf das Aufbauwissen entschieden werden, ob es geeignet ist, einen im Hinblick auf ähnliche Artefakte typischen Aufbau zu beschreiben, oder ob es sich um einen Sonderfall handelt. Analog dazu kann im Bereich des Funktionswissens überlegt werden, ob ein Beispiel die funktionalen Zusammenhänge innerhalb einer Gattung technischer Artefakte exemplarisch ist oder nicht oder ob eine

Begründung der Funktion an diesem gut erfolgen kann. Ähnliches gilt entsprechend auch für die anderen Kategorien technischen Wissens, sodass die in dieser Arbeit untersuchten Kategorien technischen Wissens einen geeigneten Baustein darstellen, um handlungsleitend für die Auswahl von Beispielen im Bereich der allgemeinen technischen Bildung sein zu können. Dies kann am Beispiel des Unterrichts zum Boxenbau verdeutlicht werden. Blickt man auf das Aufbauwissen, wurde der Gegenstand des Unterrichts als Musikbox bezeichnet. Diese Musikbox beinhaltet einen Lautsprecher, ein Gehäuse für diesen sowie einen kleinen Verstärker. Diese Kombination in einem Gehäuse entspricht den heute gängigen Geräten, an die beispielsweise ein Smartphone angeschlossen werden kann, nicht jedoch große Musikanlagen, bei denen Verstärker und Lautsprecher nicht in einem Gehäuse zu finden sind. Zur Verallgemeinerung eignen sich hier Kenntnisse über die Bauteile, die notwendig sind, um Musik abzuspielen. Schlechter verallgemeinern lässt sich hingegen die Kombination der genannten Bauteile in einem geschlossenen Objekt, weil diese Konfiguration nicht typischer ist als Musikanlagen, bei denen die Geräte nur mit Kabeln oder anderweitig verbunden sind. Im Bereich des Funktionswissens können sowohl einfache funktionale Zusammenhänge bei der Bedienung auf viele Audiogeräte übertragen werden wie auch die Funktion einzelner Bestandteile der Schaltung des Verstärkers, wie beispielsweise der Widerstand.

Bei der Beschreibung des technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen im Gaycken'schen Sinne wurde auf die Komplexitätsreduzierung als Merkmal technischen Wissens eingegangen (vgl. Kapitel 3.1.1). Hierzu sei bezüglich des technischen Wissens im Bereich der allgemeinen technischen Bildung hinsichtlich des im vorherigen Kapitel besprochenen starken und schwachen Wissens darauf hingewiesen, dass gerade der der Technik immanente Effizienzgedanke die Bildung von Wissen über die Hintergründe ohne Begründungszusammenhang eher verhindert. Ein Beispiel, das geeignet ist, allgemeine Aussagen zu dahinterliegenden Wissensstruktur zu machen, sollte so entwickelt werden, dass die Notwendigkeit besteht, die Hintergründe zu kennen.

---

### 8.3.3 Technisches Wissen und Begründungszusammenhänge von Wissen in der Didaktik

Betrachtet man die Inhalte und die Repräsentation der vorgeordneten Wissensstruktur von technischem Wissen in einem Beispiel, zeigt sich die Bedeutung eines, im Kontext der allgemeinen technischen Bildung notwendigen, differenzierten Umgangs mit dem Begründungszusammenhang. Schon eine relativ einfache technische Handlung wie das Bohren kann als eine einfache Handlungsanleitung erklärt werden. Die Tätigkeit kann aber auch mit dem Hinweis auf den für das Bohren notwendigen Unterschied in der Härte des Materials des Bohrers im Vergleich zum zu bohrenden Material angereichert werden. Was es mit der Härte des Materials auf sich hat, kann wiederum vom Erklären, dass es unterschiedliche Härtegrade bei Stählen gibt, bis zum Vermitteln des Mischungsverhältnisses von Kohlenstoff und Eisen reichen. Das Beispiel zeigt zum einen nochmal, dass eine vorgeordnete Wissensstruktur notwendig erscheint, um die Sachinhalte sinnvoll zu kategorisieren und festzustellen, welche inhaltliche Tiefe sinnvoll erscheint und zum anderen, dass nicht immer alles Wissen über Technik in einem allgemeinbildenden Kontext als starkes Wissen mit der Kenntnis der Begründung erfolgen kann. Denn vieles von dem Wissen aus dem Beispiel ist vielleicht zu komplex für einen gewählten Kontext.

Für den didaktischen Umgang mit Wissen werden in dieser Arbeit drei Arten von Wissen, die jeweils anders didaktisch begründet werden können, beschrieben, welche von Hofer im Zuge der Beschäftigung mit Wissen in der Didaktik entwickelt wurden (vgl. Kapitel 2.1.4). Zu diesen zählt das Begründungswissen, welches innerhalb des schulischen Kontextes systematisch (im Sinne des wahren gerechtfertigten Glaubens) begründet werden kann, das Gebrauchswissen, welches didaktisch benötigt wird, wenn es keine angemessene Möglichkeit gibt, die dahinterstehenden Erkenntnisse in einem schulischen Kontext zu erfassen und das deshalb von anderen als gute Information übernommen wird, sowie das Erfahrungswissen bei dem didaktisch die eigene Erfahrung des Schülers im Mittelpunkt steht.

Im Kontext von Komplexität und Begründungszusammenhang soll an dieser Stelle die Frage diskutiert werden, ob die empirisch ermittelten Kategorien technischen Wissens in Zusammenhang mit der Hofer'schen Einteilung stehen und ob bestimmten Kategorien bestimmte Begründungszusammenhänge zugeteilt werden können.

Am Beispiel der ersten Kategorie technischen Wissens, die in der empirischen Untersuchung ermittelt wurde, dem Aufbauwissen, kann gezeigt werden, dass die Aufteilung sich mehr nach dem gesamten Inhalt als nach einzelnen Kategorien technischen Wissen ergibt, die Reflektion von Inhalten an den Hofer'schen Einteilungen jedoch zur Systematisierung von technischem Wissen zur Vermittlung beitragen kann: Wenn das Wissen über den Aufbau nicht nur auf Basis einer Information vermittelt wird, sondern als starkes Wissen, wie es in Kapitel 8.3.1 diskutiert wurde, ergibt sich die Notwendigkeit, die Bestandteile eines technischen Systems visuell zu erfassen, sei es auf einem Bild oder als tatsächliches Objekt, welches in der Lernumgebung von den Lernenden betrachtet werden kann. Gelernt werden kann so, wie ein technisches System aufgebaut ist. Somit ergibt sich immer auch ein Erfahrungswissen, weil unabhängig von den Erklärungen der Lehrkraft das Objekt erfahren wird. Um aber die einzelnen Komponenten benennen, unterscheiden und trennen zu können, benötigt es (unabhängig von der verwendeten Methode) der Erklärung durch den Lehrenden. Bleibt man dabei streng beim Aufbauwissen ohne die Funktion einzelner Bestandteile, wird Gebrauchswissen im Sinne einer guten Information vermittelt, wobei man hier die Stärke der Hofer'schen Einteilung erkennen kann. Will man nun vom Aufbauwissen weiter zum Funktionswissen oder auch zu einem begründeten Funktionswissen, so ergibt sich die Möglichkeit zu fragen, bei welchen Teilen des Aufbauwissens die Ebene des Gebrauchswissens überschritten werden soll. Denkbar wäre das Herausarbeiten einzelner funktionaler Zusammenhänge durch Experimente als Erfahrungswissen oder dem Klären der Hintergründe der funktionalen Zusammenhänge, sodass das entsteht, was Hofer als Begründungswissen beschreibt.

---

## 8.4 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit wurde mit Verweis auf das wenig erforschte Feld als Exploration eines neuen Bereichs beschrieben. Weder gab es bisher eine genauere Betrachtung der Struktur technischen Wissens hinsichtlich der allgemeinen technischen Bildung, noch wurde ein Kategoriensystem technischen Wissens empirisch untersucht, sodass das methodische Vorgehen auch in der Rückschau als praktikabel bewertet wird: Die vielen theoretischen Vorannahmen waren aufgrund der in der Beschreibung des Aufbaus in Kapitel 1.2 schon mit Gaycken unterstellten Sperrigkeit des Begriffs technisches Wissen notwendig. Eine ähnliche Sperrigkeit ergab auch die Analyse des Bereichs der allgemeinen technischen Bildung, was sich in den vielen Ziel- und Inhaltsvorstellungen zeigte. Auch der empirische Zugriff auf das Wissen der Schülerinnen und Schüler bedurfte einiger Vorarbeit, wird doch der Inhalt von Wissensabfragen meistens auf richtig oder falsch hin untersucht und seltener auf die dem Wissen eigener Struktur hin. Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit zeigt eine Struktur technischen Wissens, die in einem allgemeinbildenden vorwissenschaftlichen Kontext Kategorien aufzeigt, mit denen sich das Wissen ordnen lässt und das mit den innerhalb der Arbeit besprochenen theoretischen Überlegungen erklärbar ist. Einige Implikationen aus diesem empirischen Ergebnis wurden innerhalb der abschließenden Schlussfolgerungen als Zusammenhänge für die allgemeine technische Bildung aufgezeigt. Diese zeigen, gerade im Hinblick auf die Diskussion von starkem und Schwachem Wissen und dem Begründungszusammenhang, einen ersten Ansatz für die Systematisierung technischer Bildungsinhalte anhand der Wissensstruktur im Bereich der allgemeinen technischen Bildung. Gleichwohl handelt es sich bei den Ergebnissen dieser Untersuchung um einen ersten Überblick über das Feld des technischen Wissens hinsichtlich der allgemeinen technischen Bildung, an den sich weitergehende Forschung anknüpfen kann. Vier Bereiche sollen dabei nochmal gesondert aufgezeigt werden:

Das Aufbauwissen wird in der empirischen Untersuchung als Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Sachsystems beschrieben. Dieses zeigt sich bei einem vorwissenschaftlichen Zugang in einem allgemeinbildenden technischen Kontext, wie in der Untersuchung, als Wissen über einzelne Bauteile

eines technischen Systems und deren Aussehen. Das Funktionswissen wird als einfaches Wissen über die Funktion eines technischen Artefakts oder dessen Bestandteile beschrieben. Es zeigte sich als Verständnis der Verknüpfung oder Funktion einzelner Bauteile. Für die Leistungsfähigkeit im Bereich der technischen Intelligenz wird vor allem das räumlich-visuelle Vorstellungsvermögen als wichtiger Indikator genannt (vgl. Kapitel 5.2). Das Räumlich-Visuelle zeigt sich dabei als Befähigung einer Person, sich ein Objekt vorstellen und es mental manipulieren zu können. Gleichwohl vermuten beispielsweise Mohr und Baumann im Zuge der Entwicklung eines technischen Verständnistests (vgl. Kapitel 5.3), dass die Betonung des Raumelements vor allem deshalb geschieht, um das physikalisch-technische Verständnis besser in die Intelligenztheorien integrieren zu können und führen einige Untersuchungen an, in denen sichtbar wurde, dass Erfahrung und Vorwissen bei technischen Verständnistests einen großen Einfluss haben. Bei der Analyse einer typischen Aufgabe eines Techniktests wurde in diesem Zusammenhang herausgearbeitet, wie wichtig das Wissen über den Aufbau, die Funktion und seine Darstellung ist, um die Aufgabe erfolgreich zu lösen. Zunächst müssen Zahnräder als solche in ihrer Positionierung und Funktion erkannt werden, um die Aufgabe zu bewältigen (vgl. Kapitel 5.3). Hier wäre ein weiterer Ansatz für eine zukünftige Forschungsaufgabe: Welche Erkenntnisse ergeben sich aus dem Wissen über die kategorialen Strukturen technischen Wissens für die Erfassung der (vorwissenschaftlichen) technischen Leistungsfähigkeit?

Die Untersuchungen wurden im Bereich des vorwissenschaftlichen technischen Wissens, wie es allgemeinbildend vermittelt wird, durchgeführt. Die Kategorien sind somit weit gefasst und zeigen die Aufteilung von Wissensstrukturen bei Lernenden, wie sie sich in einem solchen Kontext ergeben. Beispielsweise ist in der Kategorie Aufbauwissen das Wissen über Bestandteile eines technischen Sachsystems enthalten. Bei den Untersuchungen am Beispiel des Unterrichts zum Thema Flugzeug ist dabei Wissen über Bauteile wie Flügel, Triebwerk, Cockpit usw. enthalten. Innerhalb des Unterrichts konnten die Schülerinnen und Schüler diese anhand von Bildern von Flugzeugen oder auch durch das selbst gebaute Flugzeug erlernen. Dieser Zugang ist so am realen Objekt orientiert. In einem wissenschaftlichen oder beruflichen Kontext, und dabei gerade hinsichtlich der Konstruktion, hingegen ist der Zugang zum Aufbau eines technischen Systems jedoch zumeist weniger über das reale Objekt als

---

vielmehr über Zeichnungen und andere technische Darstellungsformen geprägt. Von einer Skizze ausgehend wird das Aufbauwissen als Zeichnung oder nur noch als Symbol innerhalb einer Zeichnung (wie bei Schaltzeichnungen üblich) dargestellt. Aus dieser Überlegung heraus ist eine weitere Forschungsperspektive, wie sich die Wissensstrukturen in Breite und Tiefe im Bildungskontext mit steigendem Wissen verändern.

Das pragmatische Funktionswissen wird im Kontext dieser Arbeit als Wissen über funktionale Handlungsanweisungen zur Erzeugung oder zum Betrieb eines technischen Systems beschrieben, das Anknüpfungen sowohl zur Normalkonfiguration als auch zur Kategorie pragmatischer Erwägungen bei Vincenti hat, wenngleich letzteres nur eingeschränkt gilt, da Vincenti in diese Kategorie auch den geschulten Ingenieurblick im Sinne der Polanyischen from-to-Struktur als implizites Wissen fasst. In Bezug auf starkes und schwaches Wissen wird in der abschließenden Diskussion hinsichtlich dieser Kategorie auch auf die Problematik eines solchen Wissens im Bildungskontext hingewiesen, weshalb eine weitere Forschungsfrage darin bestehen könnte, Normalkonfiguration bzw. pragmatisches Funktionswissen hinsichtlich der Weitergabe im Rahmen technischer Allgemeinbildung zu untersuchen. Hierbei wäre beispielsweise interessant, ob sich die Träger solchen Wissens um die Hintergründe und die Veränderlichkeit der Normalkonfiguration bewusst sind.

In den empirischen Untersuchungen zu den Wissenskategorien zeigt sich das metatechnische Wissen als sprachlich wie inhaltlich eigenständige Kategorie, die in den Untersuchungen zur Korrelation zwischen den verschiedenen Kategorien widersprüchliche Ergebnisse lieferte. Zur Erklärung wird auch auf die zur Erfassung in den Untersuchungen genutzten, sehr allgemein gehaltenen Fragen angeführt, die kaum Anknüpfungspunkte zum Aufbau- oder Funktionswissen hatten. An einem Beispiel kann das Problem verdeutlicht werden: Viele Schülerinnen und Schüler sagten, dass der Lärm von Flugzeugen problematisch für Menschen ist. Für diese Aussage benötigt man außer dem Wissen, dass Flugzeuge laut sind (was ohne Begründung als sehr schwaches Wissen erscheint), kaum Wissen über Aufbau und Funktion eines Flugzeugs, was einen Zusammenhang zu den anderen Kategorien erklären könnte. Das Beispiel zeigt allerdings auch nur eine Facette metatechnischen Wissens, nämlich im Bereich der Belastung eines Menschen durch Lärm. Metatechnisches Wissen, z.B. in

der Definition von Gaycken, beinhaltet aber auch andere Aspekte wie ökologische oder ökonomische. Eine weitergehende Untersuchung des metatechnischen Wissens könnte einen genaueren Blick auf die Inhalte werfen, um hier vielleicht weitere Kategorien zu spezifizieren. Beim aufgezeigten Beispiel wurde auf die sehr allgemeine technische Information „Flugzeug = laut“ als „ausreichend“ für das metatechnische Wissen verwiesen. In diesem Zusammenhang könnte untersucht werden, inwieweit sich das metatechnische Wissen durch das fundierte Wissen über Aufbau und Funktion verändern würde.

---

## 9 Literaturverzeichnis

Akreml, Leila (2014): Stichprobenziehung in der qualitativen Sozialforschung. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 265–282.

Ammon, Sabine (2011): Entwerfen als epistemischer Prozess. Überlegungen zur Suche nach der Natur technischen Wissens. XXII. Deutscher Kongress für Philosophie, 2011, München. München, 2011.

Amthauer, Rudolf (1972): PTV. Ein Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses. Göttingen u.a: Verl. für Psychologie Hogrefe.

Aristoteles; Dirlmeier, Franz; Grumach, Ernst; Flashar, Hellmut (1969): Nikomachische Ethik. 5. durchges. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag (Werke in deutscher Übersetzung, / Aristoteles. Hrsg. von Ernst Grumach ; 6).

Baird, Davis (2002): Thing Knowledge - Function and Truth. In: *Techné: Research in Philosophy and Technology* 6 (2), S. 96–105. DOI: 10.5840/techne2002624.

Baumann, Peter (2006): Erkenntnistheorie. 2., durchges. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Metzler (Lehrbuch Philosophie).

Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hg.) (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0>.

Berger, Peter L.; Luckmann, Thomas (2000): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. 17. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verl. ([Fischer-Taschenbücher], 6623 : Forum Wissenschaft, Gesellschaften).

Berry, Dianne C.; Broadbent, Donald E. (1988): Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. In: *British Journal of Psychology* 79 (2), S. 251–272.

Berry, Dianne C.; Broadbent, Donald E. (2007): On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A* 36 (2), S. 209–231.

Bonz, Bernhard (1962): Die verschiedenen Arten technischer Begabung. In: Psychologie und Praxis. Zeitschr. für Arbeits- u. Organisationspsychologie : Organ d. Sektion Arbeits- und Betriebspsychologie im Berufsverband Deutscher Psychologen (BDP), Bd. 12. Stuttgart-Bad Cannstatt, München: Verl. f. Angewandte Psychologie, S. 61–73.

Bonz, Bernhard; Ott, Bernd (Hg.) (2003): Allgemeine Technikdidaktik - Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren (Berufsbildung konkret, 6).

Bortz, Jürgen; Döring, Nicola; Bortz-Döring (2006): Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen. 4., überarb. Aufl., [Nachdr.]. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master).

Broadbent, Donald E.; FitzGerald, Peter; Broadbent, Margaret H.P (1986): Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. British Journal of Psychology, February 1986, Vol.77(1), pp.33-50.

Bromme, R.; Rambow, R.: Experte-Laien-Kommunikation als Gegenstand der Expertiseforschung: Für eine Erweiterung des psychologischen Bildes vom Experten. In: Psychologie 2000, Bericht über den 42. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Jena 2000, Bd. 42, S. 541–550.

Buhr, Regina; Hartmann, Ernst A. (2008): Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik. Berlin, Hannover: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Inst. für Innovation und Technik; Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek. Online verfügbar unter <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb10/622890387.pdf> (zuletzt besucht: 26.04.2018).

Chi, Michelene T.H.; Glaser, Robert; Farr, Marshall J. (2014): The Nature of Expertise. Hoboken: Taylor and Francis. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1588586> (zuletzt besucht: xx.xx.xxxx).

---

Cleff, Thomas (2012): Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse. Eine computergestützte Einführung mit Excel, PASW (SPSS) und STATA. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler.

Conrad, Wolfgang; Baumann, Edith; Mohr, Volker (1980): Mannheimer Test zur Erfassung des physikalisch-technischen Problemlösens. (MTP) ; Handanweisung. Göttingen: Verl. für Psychologie Hogrefe.

Craig, Edward (Hg.) (1993): Was wir wissen können. Pragmatische Untersuchungen zum Wissensbegriff ; Wittgenstein-Vorlesungen der Universität Bayreuth. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1090).

Deary, Ian J. (2013): Intelligenz. Eine sehr kurze Einführung/ Ian Deary. 1. Aufl. Bern: Huber. Online verfügbar unter <http://elibrary.hogrefe.de/9783456952970/U1>.

Deiglmayr, Anne; Schalk, Lennart; Stern, Elsbeth (2017): Begabung, Intelligenz, Talent, Wissen, Kompetenz und Expertise: Eine Begriffserklärung. In: Ulrich Trautwein und Marcus Hasselhorn (Hg.): Begabungen und Talente. 1. Auflage. Göttingen: Hogrefe (Tests und Trends, N. F., 15), S. 1–16.

Dessauer, Friedrich (1965): Streit um die Technik. Frankfurt, Knecht.

DNV GL; Germanischer Lloyd SE; Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft (2016): Rules for classification and construction. Hamburg, Hamburg: DNV GL; Germanischer Lloyd.

Fahrmeir, Ludwig; Kneib, Thomas; Lang, Stefan (2009): Regression. Modelle, Methoden und Anwendungen. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Statistik und ihre Anwendungen).

Fislake, Martin; Reich, Gert (Hg.) (2007): Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf: VDI Beruf und Gesellschaft.

Flick, Uwe (2014): Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 411–424.

Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von von; Steinke, Ines (Hg.) (2017): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Originalausgabe, 12. Auflage. Reinbek bei Hamburg: rowohlt's enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag (Rororo Rowohlt's Enzyklopädie, 55628).

Früh, Werner (2011): Inhaltsanalyse. Theorie und Praxis. 7., überarb. Aufl. Konstanz: UVK-Verl.-Ges (UTB, 2501).

Gardner, Howard (2005): Abschied vom IQ. Die Rahmen-Theorie der vielfachen Intelligenzen. 4. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.

Gaycken, Sandro (2010): Technisches Wissen. Denken im Dienste des Handelns. Zugl.: Bielefeld, Univ., Diss., 2008. Berlin u.a: Lit (Technikphilosophie, 19).

Gläser-Zikuda, Michaela (2001): Emotionen und Lernstrategien in der Schule. Eine empirische Studie mit qualitativer Inhaltsanalyse. Dr. nach Typoskript. Weinheim: Beltz (Beltz Wissenschaft).

Gruber, Hans (1994): Expertise. Modelle und empirische Untersuchungen. Opladen: Westdt. Verl. (Beiträge zur psychologischen Forschung, 34).

Gruber, Hans (1996): Expertiseforschung. Theoretische und methodische Grundlagen. Opladen: Westdt. Verl.

Guthke, Jürgen (1996): Intelligenz im Test. Wege der psychologischen Intelligenzdiagnostik. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (Transparent, 35).

Haasler, Bernd; (2004): Hochtechnologie und Handarbeit. 1. Aufl. s.l.: Bertelsmann W. Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation - Dissertationen und Habilitationen - Band 1).

Hartweg, Verena (2010): Mechanisch-technisches Verständnis als Konstrukt in der testbasierten Studienberatung. Techn. Hochsch, Aachen. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:hbz:82-opus-33630> (zuletzt besucht: 26.04.2018).

Heintz, Bettina (1993): Wissenschaft im Kontext. Neuere Entwicklungstendenzen der Wissenschaftssoziologie: Universität Bielefeld..

---

Heller, Kurt (1976): *Intelligenz und Begabung*. München: Reinhardt (Studienhefte Psychologie in Erziehung und Unterricht).

Heller, Kurt A. (2001): *Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter*. 2., überarb. und erw. Aufl. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.

Heller, Kurt A. (Hg.) (2007): *Begabt sein in Deutschland*. Berlin u.a: Lit (Talentförderung, Expertiseentwicklung, Leistungsexzellenz, 1).

Heller, Kurt A. (Hg.) (2009): *Das Hector-Seminar. Ein wissenschaftlich evaluiertes Modell der Begabtenförderung im MINT-Bereich*. Münster: Lit (Talentförderung, Expertiseentwicklung, Leistungsexzellenz, 5).

Heller, Kurt A.; Perleth, Christoph (2007): *Münchener Hochbegabungstestbatterie für die Sekundarstufe. MHBT-S ; Manual*. Göttingen: Hogrefe.

Hofer, Roger (2012): *Wissen und Können. Begriffsanalytische Studien zu einer kompetenzorientierten Wissensbildung am Gymnasium*. Münster etc: Waxmann (Internationale Hochschulschriften, Bd. 561).

Hofer, Roger (2012): *Lesen, Schreiben, Rechnen und Googlen. Wissen und Bildung unter dem Einfluss des Internets*. In: *Pädagogische Rundschau* (5), S. 553–564.

Hoischen, Hans; Fritz, Andreas (Hg.) (2016): *Technisches Zeichnen. Grundlagen, Normen, Beispiele, darstellende Geometrie : Lehr-, Übungs- und Nachschlagewerk für Schule, Fortbildung, Studium und Praxis, mit mehr als 100 Tabellen und weit über 1.000 Zeichnungen*. 35., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Cornelsen.

Höpken, Gerd; Osterkamp, Susanne; Reich, Gert (2003a): *Inhalte technischer Bildung. Content for the study of technology*. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl. (Standards für eine allgemeine technische Bildung, = Standards for technological literacy / International Technology Education Association and its Technology for All Americans Project. Ins Dt. übertr. und hrsg. von: Gerd Höpken, Susanne Osterkamp und Gert Reich ; Bd. 1).

Höpken, Gerd; Osterkamp, Susanne; Reich, Gert (Hg.) (2003b): *Standards für eine allgemeine technische Bildung. Standards for technological literacy*. International Technology Education Association. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl.

Hüttner, Andreas (2005): Technik unterrichten. Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht. 2. Aufl., 1. Dr. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer (Bibliothek der Schulpraxis).

Ingenkamp, Karlheinz; Lissmann, Urban (2008): Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik. 6., neu ausgestattete Aufl. Weinheim: Beltz (Studium Paedagogik).

International Technology Education Association (2007): Standards for technological literacy. Content for the study of technology. Reston, Va.: ITEA.

Jäger, R. & Hagen, J. (1975): Rudolph Amthauer: PTV- Ein Test zur Untersuchung des praktisch- technischen Verständnisses. In: Diagnostica. Zeitschrift für psychologische Diagnostik und differentielle Psychologie: Informationsorgan über psychologische Tests und Untersuchungsmethoden, Bd. 21. Göttingen, Göttingen, Bern: Hogrefe, S. 50–51.

Jank, Werner; Meyer, Hilbert (1991): Didaktische Modelle. 1. Aufl., [1. Dr.]. Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor.

Kant, Immanuel; Jäsche, Gottlob Benjamin (1800): Immanuel Kants Logik. Ein Handbuch zu Vorlesungen. Königsberg: Nicolovius.

Kaufhold, Marisa (2006): Kompetenz und Kompetenzerfassung. Analyse und Beurteilung von Verfahren der Kompetenzerfassung. 1. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.

Keller, Reiner (2011): Wissenssoziologische Diskursanalyse. Grundlegung eines Forschungsprogramms. 3. Aufl. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwiss.

Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hg.) (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3. Aufl. Berlin: Springer Spektrum (Springer-Lehrbuch).

Klaur, Karl Josef (2014): Wie misst man Schulleistungen? In: Franz E. Weinert (Hg.): Leistungsmessungen in Schulen. 3. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz (Pädagogik).

Kleiner, Matthias (2010): Geleitwort. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, Strukturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT), S. 9–10.

- 
- Klieme, Eckhard (2004): Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen?
- Klößner, Jennifer; Friedrichs, Jürgen (2014): Gesamtgestaltung des Fragebogens. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 675–686.
- Knoblauch, Hubert (2010): Wissenssoziologie. 2. Aufl. Konstanz: UVK-Verl.-Ges (UTB, 2719).
- Koch, Lutz: Lernen und Wissen. In: Pädagogische Theorien des Lernens, S. 42–51.
- Koch, Lutz (2015): Lehren und Lernen. Wege zum Wissen. Paderborn: Schöningh.
- Kornwachs, Klaus (2010a): Logische Strukturen technischen Wissens. Zur Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, strukturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT), S. 137–158.
- Kornwachs, Klaus (Hg.) (2010b): Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, strukturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT).
- Kornwachs, Klaus (2012): Strukturen technologischen Wissens. Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik. Berlin: edition sigma.
- Kornwachs, Klaus; Spur, Günther; Hubig, Christoph (2010): Technisches Wissen. Entstehung - Methoden - Strukturen. Eine Einführung. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, strukturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT), S. 11–14.
- Krippendorff, Klaus (1980): Content analysis. An introduction to its methodology. Beverly Hills: Sage (The Sage CommText series, 5).
- Kuckartz, Udo (2014): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2., durchgesehene Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).
- Lackmann, Tina (2015): Szenariomodell Ingenieurarbeitsmarkt. Die künftige Entwicklung von Arbeitskräfteangebot und -nachfrage bis zum Jahr 2029. Hg. v. Oliver Koppel. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Köln. Online verfügbar unter

[https://www.vdi.de/fileadmin/user\\_upload/Szenariomodell\\_ING\\_2029\\_neu.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/user_upload/Szenariomodell_ING_2029_neu.pdf),  
(zuletzt geprüft am 09.06.2017).

Lamnek, Siegfried; Krell, Claudia (2016): Qualitative Sozialforschung. Mit Online-Materialien. 6., überarbeitete Auflage. s.l.: Beltz. Online verfügbar unter [http://e-books.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/2142163](http://e-books.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/2142163).

Landwehr, Norbert (1997): Neue Wege der Wissensvermittlung. Ein praxisorientiertes Handbuch für Lehrpersonen im Bereich der Sekundarstufen I und II (Berufsschulen, Gymnasien) sowie in der Lehrer- und Erwachsenenbildung. 3. Aufl. Aarau: Verlag für Berufsbildung, Sauerländer (Pädagogik bei Sauerländer, Bd. 20).

Lauf, Edmund (2001): »96 nach Holsti« Zur Reliabilität von Inhaltsanalysen und deren Darstellung in kommunikationswissenschaftlichen Fachzeitschriften.

Lochner, Sabine (1988): Zur Indikation der vorwissenschaftlich-technischen Begabung bei Schülern mittleren Schulalters im Rahmen einer Kreistechnikolympiade. E. Beitr. zur Entwicklung e. Theorie d. techn. Begabung.

Maasen, Sabine; Kaiser, Mario; Reinhart, Martin; Sutter, Barbara (2012): Handbuch Wissenschaftssoziologie. Wiesbaden: Springer.

Mammes, Ingelore; Fletscher, Stefan; Lang, Martin; Münk, Dieter (2016): Technology Education in Germany. In: Marc J. de Vries, Stefan Fletcher, Stefan Kruse, Peter Labudde, Martin Lang, Ingelore Mammes et al. (Hg.): Technology education today. International perspectives. Münster, New York: Waxmann, S. 11–38.

Mayring, Philipp (2001): Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. In: Forum qualitative Sozialforschung. FQS = Forum: qualitative social research, Bd. 2. Berlin, Magdeburg, Berlin, Berlin: Freie Univ. Berlin; Otto-von-Guericke-Universität Zentrum für Qualitative Bildungs- Beratungs- und Sozialforschung; Technische Universität Psychologie im Institut für Sozialwissenschaften; ATLAS - Archiv für Technik Lebenswelt Alltags-Sprache (2). Online verfügbar unter <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/967/2110> (zuletzt geprüft am 14.02.2016).

Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Studium Paedagogik).

---

Mayring, Philipp; Fenzl, Thomas (2014): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 543–558.

Mildenberger, Georg (2006): Wissen und Können im Spiegel gegenwärtiger Technikforschung. Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2002. Berlin u.a: Lit (Technikphilosophie, 15).

Misoch, Sabina (2015): Qualitative Interviews. Berlin: De Gruyter Oldenbourg. Online verfügbar unter [http://www.degruyter.com/search?f\\_0=isbnissn&q\\_0=9783110354614&searchTitles=true](http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783110354614&searchTitles=true).

Mohr, Volker; Baumann, Edith (1982): Konstruktion und Validierung des Mannheimer Tests zur Erfassung des physikalisch-technischen Problemlösens (MTP). @Mannheim, Univ., Diss., 1982.

Möhring, Wiebke; Schlütz, Daniela (2013): Handbuch standardisierte Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft. Wiesbaden: Springer VS (Springer-Link).

Müller, Klaus (1996): Allgemeine Systemtheorie. Geschichte, Methodologie und sozialwissenschaftliche Heuristik eines Wissenschaftsprogramms. Opladen: Westdt. Verl. (Studien zur Sozialwissenschaft, Bd. 164).

Neuweg, Georg Hans (2000): Wissen - Können - Reflexion. Ausgewählte Verhältnisbestimmungen. Innsbruck: Studien-Verl.

Neuweg, Georg Hans (2002): Lehrerhandeln und Lehrerbildung im Lichte des Konzepts des impliziten Wissens. Weinheim: Beltz.

Neuweg, Georg Hans (2004): Könnerschaft und implizites Wissen. Zur lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis. Univ., Habil.-Schr.--Linz, 1998. 3. Aufl. Münster: Waxmann (Internationale Hochschulschriften, 311).

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK); Niedersächsisches Kultusministerium (MK) (Hg.) (2017): MINTdenken – Strategien für erfolgreiche MINT-Studienabschlüsse in Niedersachsen. Online verfügbar unter

[http://www.nibis.de/uploads/2mk-schwerdtfeger/MINTdenken\\_Bildungsbericht.pdf](http://www.nibis.de/uploads/2mk-schwerdtfeger/MINTdenken_Bildungsbericht.pdf), zuletzt geprüft am 31.10.2017.

Nye, David E.; Must, Heiner (2007): In der Technikwelt leben. Vom natürlichen Werkzeug zur Alltagskultur. Berlin: Spektrum Akad. Verl (Spektrum-Sachbuch). Online verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2966296&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2966296&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm).

Perleth, Christoph (2008): Intelligenz und Kreativität. In: Wolfgang Schneider, Marcus Hasselhorn und Jürgen Bengel (Hg.): Handbuch der pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe (Handbuch der Psychologie, / hrsg. von J. Bengel; Bd. 10), S. 15–27.

Polanyi, Michael; Sen, Amartya (2009): The tacit dimension. Chicago, Ill.: Univ. of Chicago Press.

Pongratz, Ludwig A. (Hg.) (2007): Bildung, Wissen, Kompetenz. Bielefeld: Janus Presse.

Porst, Rolf (2014): Frageformulierung. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 687–700.

Przyborski, Aglaja; Wohlrab-Sahr, Monika (2014): Forschungsdesigns für die qualitative Sozialforschung. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 117–134.

Rehfus, Wulff D. (Hg.) (2003): Handwörterbuch Philosophie. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (UTB Philosophie, 8208).

Reichert, Jo (2014): Empirische Sozialforschung und soziologische Theorie. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 65–80.

Reinders, Heinz; Ditton, Hartmut; Gräsel, Cornelia; Gniewosz, Burkhard (2011): Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.

---

Reinhoffer, Bernd (2008): Lehrkräfte geben Auskunft über ihren Unterricht. Ein systematisierender Vorschlag zur deduktiven und induktiven Kategorienbildung in der Unterrichtsforschung. In: Philipp Mayring und Michaela Gläser-Zikuda (Hg.): Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. 2., neu ausgestattete Aufl. Weinheim: Beltz (Studium Paedagogik), S. 123–140. Rekus, Jürgen: Die Aufgabe der Didaktik heute., S. 53–67. In: Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik, H.1, S.62–73.

Röben, Peter (2001): Arbeitsprozeßwissen und Expertise. In: A. Willi Petersen, Felix Rauner und Franz Stuber (Hg.): IT-gestützte Facharbeit - gestaltungsorientierte Berufsbildung. Ergebnisse der 12. HG TB-Konferenz. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos-Verl.-Ges (Bildung und Arbeitswelt, 4), S. 43–57.

Röben, Peter (2013): Von den Tücken der didaktischen Reduktion und der Notwendigkeit der Differenzierung des technischen Wissens. In: Zeitschrift für Technik im Unterricht : TU ; Primärstufe, Sekundarstufe 1 39 (150), S. 38–43.

Röben, Peter; Wiemer, Tobias (2015): Technisches Wissen - Definitionen und ihre Grenzen. In: TU; Technik im Unterricht 40, 2015 (157), S. 5–11.

Ropohl, Günter (1997): Knowledge Types in Technology. In: International journal of technology and design education 7, S. 65–72.

Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Univ., Habil.-Schr.--Karlsruhe, 1978. 3., überarb. Aufl. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://www.oapen.org/download?type=document&docid=422388> (zuletzt geprüft am 26.04.2018).

Rossouw, Ammeret; Hacker, Michael; Vries, Marc J. de (2011): Concepts and contexts in engineering and technology education: an international and interdisciplinary Delphi study. In: International journal of technology and design education, Bd. 4. Dordrecht, Dordrecht: Springer Science + Business Media B.V; Kluwer (21), S. 409–424. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-010-9129-1> (zuletzt geprüft am 28.02.2017).

Rost, Detlef H. (2009a): Intelligenz. Fakten und Mythen. 1. Aufl., Weinheim u.a.: Beltz.

Rost, Detlef H. (2009b): Mehr multiple Perspektiven – mehr multiple Irritationen? In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 23 (1), S. 75–83.

Rost, Detlef H. (2013): *Handbuch Intelligenz*. 1. Aufl. Weinheim: Beltz.

Rost, Jürgen (2004): *Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion*. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. Bern, Göttingen etc: H. Huber (Aus dem Programm Huber. Psychologie Lehrbuch).

Roth, Wolfgang K. (1974): *Strukturanalyse der mechanisch-technischen Intelligenz*. In: *Psychologische Rundschau*. Offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs) ; zugleich Informationsorgan des Berufsverbandes Deutscher Psychologinnen und Psychologen (BDP), Bd. 25. Göttingen, Bern: Hogrefe, S. 25–43.

Ruhloff, Jörg: *Bemerkungen zum Wissensbegriff in der Gegenwartspädagogik*. In: *Von der Säkularisierung zur Sakralisierung. Spielarten und Gegenspieler von Vernunft in der Moderne.*, S. 207–217.

Ryle, Gilbert (1987): *Der Begriff des Geistes*. Stuttgart: Reclam (Universal-Bibliothek, 8331).

Scheler, Max (1926): *Die Wissensformen und die Gesellschaft*. Leipzig: Der Neue-Geist Verl.

Scheuerl, Hans (2017): *Die exemplarische Lehre. Sinn und Grenzen eines didaktischen Prinzips*. Berlin, Boston: De Gruyter (Forschungen zur Pädagogik und Anthropologie, 2).

Schmayl, Winfried (2010): *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Stein, Petra (2014): *Forschungsdesigns für die quantitative Sozialforschung*. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 135–151.

Steindorf, Gerhard (1985): *Lernen und Wissen. Theorie des Wissens und der Wissensvermittlung*. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

---

Stock, Günter; Tintemann, Ute (Hg.) (2012): Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis einer europäischen Vergleichsstudie. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Berlin: BBAW.

Tenberg, Ralf (2016): Editorial: Wie kommt die Technik in die Schule? In: Journal of technical education, Bd. 4. Stuttgart: Inst. für Erziehungswissenschaft Abt. Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik Univ. Stuttgart, S. 11–21.

Tippelt, Rudolf (Hg.) (2010): Handbuch Bildungsforschung. 3., durchges. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.

Torrance, Ellis Paul (1966): Torrance tests of creative thinking. Princeton, NJ: Personal Pr.

Tuchel, Klaus (1964): Die Philosophie der Technik bei Friedrich Dessauer, ihre Entwicklung, Motive und Grenzen. Univ., Diss.--Köln. Frankfurt a.M.: Knecht.

Ullrich, Heiner (2008): Begabtenförderung an Gymnasien. Entwicklungen, Befunde, Perspektiven. 1. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss (Schule und Gesellschaft, 41).

Urban, Dieter; Mayerl, Jochen (2011): Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss (Studienskripten zur Soziologie).

Uwe Pfennig (2014): Zur Legitimation von Technikbildung - ein wissenschaftliches Plädoyer. In: Journal of technical education. JOTED, Bd. 2. Stuttgart: Inst. für Erziehungswissenschaft Abt. Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik Univ. Stuttgart, S. 48–69.

VDI (2007): Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Düsseldorf: VDI, Beruf und Gesellschaft. Online verfügbar unter [https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur/bg-bilder/bildungsstandards\\_2007.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/bg-bilder/bildungsstandards_2007.pdf) (zuletzt geprüft am 02.03.2017).

VDI (2017): Der regionale Arbeitsmarkt in den Ingenieurberufen. August 2017. Unter Mitarbeit von Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Hg. v. Verein Deutscher Ingenieure. Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/presse/publikationen/vdi-iw-ingenieurmonitor/> (zuletzt geprüft am 30.10.2017).

Vincenti, Walter G. (1997): What engineers know and how they know it. Analytical studies from aeronautical history. John Hopkins paperback ed., 3. [print.]. Baltimore Md. u.a: Johns Hopkins Univ. Pr (Johns Hopkins studies in the history of technology).

Vries, Marc J. de (2003): The Nature of Technological Knowledge: Extending Empirically Informed Studies into What The Nature of Technological Knowledge: Extending Empirically Informed Studies into What Engineers Know. In: *Techné: Research in Philosophy and Technology* 6 (3).

Vries, Marc J. de (2016): Teaching about technology. An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers. Second edition. Switzerland: Springer (Contemporary issues in technology education).

Wagenschein, Martin (1956): Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens. 7./8. Aufl. 1966. Weinheim Bergstr.: Beltz (Aufsatz erstmals veröff. in "Zeitschrift f. Pädagogik", 3/1956).

Walker, Felix (2013): Der Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Durchführung technischer Experimente. Duisburg, Essen: Universitätsbibliothek Duisburg-Essen.

Walter, Paul (2002): Renaissance des Unbewussten? Subkognitive Prozesse und ihre unterrichtstheoretische Bedeutung. Weinheim: Beltz.

Weinert, Franz E. (Hg.) (2014): Leistungsmessungen in Schulen. 3. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz (Pädagogik).

Wensierski, Hans-Jürgen von; Sigenege, Jüte-Sophia (2015): Technische Bildung. Ein pädagogisches Konzept für die schulische und außerschulische Kinder- und Jugendbildung. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich (Studien zur technischen Bildung, Band 1).

Wentura, Dirk; Frings, Christian (2013): Kognitive Psychologie. Wiesbaden: Springer VS (Basiswissen Psychologie).

Wiemer, Tobias; Landherr, Jan; Wegner, Helmer (2016): Lernwirksamkeit der zeitlichen Verknüpfung von Theorie und Praxis auf die Motivation von Schülerinnen

---

und Schülern im Technikunterricht. In: Wolf Bienhaus (Hg.): Technik: Wirklichkeitsbereich und Bildungsgegenstand. 17. Tagung der DGTB in Ingolstadt vom 18.-19. September 2015. 1. Auflage. [Ansbach]: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V, S. 176–189.

Ziegler, Albert (2010): Hochbegabte und Begabtenförderung. In: Rudolf Tippelt (Hg.): Handbuch Bildungsforschung. 3., durchges. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss, 937-952.

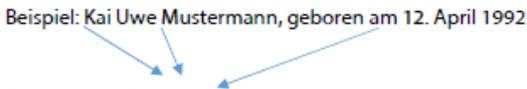
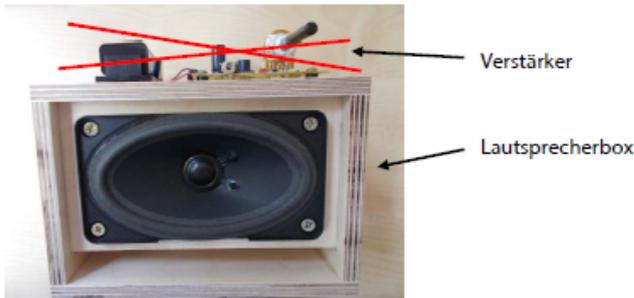
Zimmerli, Walter Ch. (2010): Die Hermeneutik des technischen Wissens und die Zukunft, der Bildung. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, strukturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT).

Zinn, Bernd (2014): Technische Allgemeinbildung – Bedeutungsspektrum, Bildungsstandards und Forschungsperspektiven. In: Journal of technical education. JOTED, Bd. 2. Stuttgart: Inst. für Erziehungswissenschaft Abt. Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik Univ. Stuttgart, S. 24–47. Zinn, Bernd; Latzel, Mira; Ariali, Sunita (2017): Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung technischen Wissens im Fach Naturwissenschaft und Technik. In: Bernd Zinn, Ralf Tenberg und Daniel Pittich (Hg.): Journal of Technical Education. Stuttgart (5), S. 76–99.

Züll, Cornelia; Menold, Natalja (2014): Offene Fragen. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, s.l: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 713–721.

## 10 Anhang

## 10.1 Fragebogen Untersuchung 1

			
<p>Technisches Wissen messen – Entwicklung einer Methode zur Evaluation technischer Bildung – Fragebogen</p>			
Datum:			
Wie heißt deine Schule:			
In welche Klasse gehst du:			
Wie alt bist du:			
Dein Geschlecht:	<input type="checkbox"/> männlich	<input type="checkbox"/> weiblich:	
<p>Damit der Fragebogen anonym ist, gibst du statt deinem Namen einen Code an. Dieser setzt sich aus dem ersten Buchstaben deines Vornamens, dem ersten Buchstaben deines Nachnamens und der Zahl deines Geburtstages zusammen.</p> <p>Beispiel: Kai Uwe Mustermann, geboren am 12. April 1992</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p>Persönlicher Code: KM12</p> <p>Dein persönlicher Code: (unten eintragen)</p>			
<p>Wichtig: Nutze zur Beantwortung der Fragen Stichpunkte und/oder Skizzen. Wenn du willst, kannst du auch ganze Sätze schreiben.</p>			
<p>Getestet wird nur das Wissen zum Thema Lautsprecherbox. Die beinhaltet nicht den Verstärker!</p>			
			
1			

---

3. In der Schule sollst du eine Lautsprecherbox bauen. Welche Materialien benötigst du?

4. Welche Werkzeuge benötigst du, um die Lautsprecherbox in der Schule zu bauen?

5. In der Schule sollst du eine Lautsprecherbox bauen. Beschreibe welche Arbeitsschritte notwendig sind um eine Lautsprecherbox zu bauen.

6. Erläutere wie die einzelnen Bauteile im Lautsprecher zusammenwirken damit Musik entsteht.

---

7. In mobile Geräte wie beispielsweise Smartphones werden immer leistungsfähigere Lautsprecher eingebaut. Welche Auswirkungen hat das auf die Umwelt und die Menschen?

8. Du darfst deine eigene Lautsprecherbox gestalten. Zeichne die Lautsprecherbox auf und beschreibe die Komponenten.

9. Du darfst deine eigene Lautsprecherbox gestalten. Worauf musst du für einen guten Sound achten?

10. Die zwei Lautsprecherboxen deiner Musikanlage sind kaputt. Was kannst du aus den Lautsprecherboxen oder ihren Einzelteilen noch bauen?

---

11. Wenn du deine Lautsprecherbox ohne Verstärkerplatine an dein Smartphone anschließt und Musik abspielt klingt die Lautsprecherbox sehr leise. Warum ist das so?

12. Stell dir eine Welt ohne Lautsprecher vor. Wie würde diese Welt aussehen?

## 10.2 Fragebogen Untersuchung 2 (Die Bilder im Fragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen nachträglich geändert.)



Fragebogen zur Einschätzung des technischen Wissens

Datum \_\_\_\_\_

Wie heißt deine Schule \_\_\_\_\_

In welche Klasse gehst du \_\_\_\_\_

Wie alt bist du \_\_\_\_\_

Geschlecht  männlich  weiblich

**Nutze zur Beantwortung der Fragen Stichpunkte und/oder Skizzen. Wenn du willst, kannst du auch ganze Sätze schreiben.**

1. Nenne alle Teile eines Flugzeugs und zeichne nach Möglichkeit ein, wo sich die Teile am Flugzeug befinden.



Quelle: 747-8I\_(N6067E).jpg: Dave Subelack from YYC, Canadaderivative work: Altair78 (talk) - File:747-8I\_(N6067E).jpg Dieses Bild wurde digital nachbearbeitet. Folgende Änderungen wurden vorgenommen: crop levels. Das Originalbild kann hier eingesehen werden: 747-8I (N6067E).jpg. Bearbeitet von Altair78., CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15686726>

2. Welche Teile sind wichtig, damit sich ein Flugzeug in der Luft halten kann? Begründe!

---

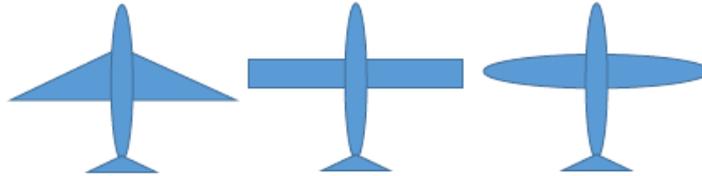
---

---

---

---

3. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein Flugzeug entwickeln, das möglichst viel Gewicht transportieren kann. Von deinen Kollegen bekommst du drei Vorschläge für die Flügel des Flugzeugs (Bild unten). Wie könntest du herausfinden, mit welchen Flügeln man das meiste Gewicht transportieren kann?



---

---

---

---

---

4. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein schnelles Flugzeug entwickeln. Was ist dabei besonders wichtig?

---

---

---

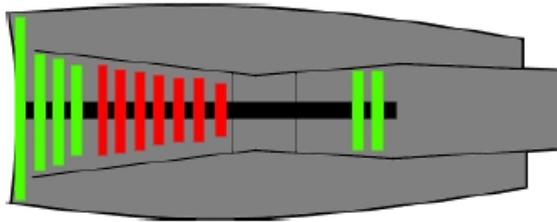
---

---

5. Du sollst ein Quartett zum Thema Flugzeuge erfinden. Welche Merkmale könnten dabei interessant sein? Fülle die Quartettkarte aus.


Flugzeug

6. Nenne alle Teile eines Turbofans und zeichne nach Möglichkeit ein, wo sich die Teile bei einem Turbofan befinden.



7. Die auf dem Bild oben zu sehende Flugzeugturbine funktioniert nicht.  
Woran liegt das?

---

---

---

---

---

8. Würde eine Flugzeugturbine auch ohne Bypass funktionieren?  
Begründe!

---

---

---

---

---

9. Unten siehst du drei verschiedene Flugzeuge. Wofür sind die Flugzeuge da und woran erkennst du das?



Quelle:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR\\_crop.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR_crop.jpg)

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



Quelle: Dylan Ashe from San Jose, USA, derivative work Lämpel - FirstUploaded by Altair78, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66335877>

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



Quelle: Von United States Air Force - "History and Units of the United States Air Forces In Europe", CD-ROM compiled by GHI Scharringa, European Aviation Historical Society, 2004. Image source listed as United States Air Force Historical Research Agency, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/>

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_

### 10.3 Fragebogen Untersuchung 3 (Die Bilder im Fragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen nachträglich geändert.)



Fragebogen zur Einschätzung des technischen Wissens

Datum: \_\_\_\_\_

Wie heißt deine Schule? \_\_\_\_\_

In welche Klasse gehst du? \_\_\_\_\_

Wie alt bist du? \_\_\_\_\_

Geschlecht:  männlich  weiblich

**Nutze zur Beantwortung der Fragen Stichpunkte und/oder Skizzen. Wenn du willst, kannst du auch ganze Sätze schreiben.**

1. Nenne alle Teile eines Flugzeugs und zeichne nach Möglichkeit ein, wo sich die Teile am Flugzeug befinden.



Quelle: 747-8I\_(N6067E).jpg: Dave Subelack from YYC, Canadaderivative work: Altair78 (talk) - File:747-8I\_(N6067E).jpg Dieses Bild wurde digital nachbearbeitet. Folgende Änderungen wurden vorgenommen: crop levels. Das Originalbild kann hier eingesehen werden: 747-8I (N6067E).jpg. Bearbeitet von Altair78., CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15686726>

2. Welche Teile sind wichtig, damit sich ein Flugzeug in der Luft halten kann? Begründe!

---

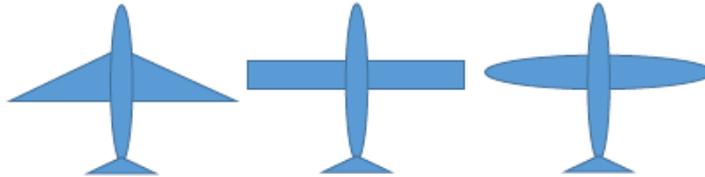
---

---

---

---

3. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein Flugzeug entwickeln, das möglichst viel Gewicht transportieren kann. Von deinen Kollegen bekommst du drei Vorschläge für die Flügel des Flugzeugs (Bild unten). Wie könntest du herausfinden, mit welchen Flügeln man das meiste Gewicht transportieren kann?



---

---

---

---

4. Was bedeutet das Flugzeug für die Gesellschaft? Denke an Möglichkeiten und Probleme.

---

---

---

---

5. Was bedeutet das Flugzeug für die Gesellschaft? Denke an Möglichkeiten und Probleme.

---

---

---

---

**6. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein schnelles Flugzeug entwickeln.**

**Was ist dabei besonders wichtig?**

---

---

---

---

---

**7. Welche Antriebsarten für Flugzeuge kennst du?**

---

---

---

**8. Was sind die die wichtigsten Bauteile eines Propellerantriebs?**

---

---

---

**9. Wie funktioniert ein Propeller?**

---

---

---

---

10. Unten siehst du drei verschiedene Flugzeuge. Wofür sind die Flugzeuge da und woran erkennst du das?



Quelle:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR\\_crop.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR_crop.jpg)

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



Quelle: Dylan Ashe from San Jose, USA, derivative work Lämpel - FirstUploaded by Altair78, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66335877>

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



Quelle: Von United States Air Force - "History and Units of the United States Air Forces In Europe", CD-ROM compiled by GHJ Scharringa, European Aviation Historical Society, 2004. Image source listed as United States Air Force Historical Research Agency, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/>

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_

**11. In unmittelbarer Nähe deines Zuhauses soll ein Flughafen gebaut werden. Beantworte die Fragen.**

**Wer hat einen Vorteil durch den Flughafen? Begründe.**

---

---

---

---



Quelle: Marc Michel - de:wiki  
with the following  
informations included here.  
Uploaded by  
de:User:JuergenL 01:15, 10.  
Jan 2006, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=963128>

**Wer hat einen Nachteil durch den Flughafen? Begründe.**

---

---

---

---

## 10.4 Fragebogen Untersuchung 4 (Die Bilder im Fragebogen wurden aus urheberrechtlichen Gründen nachträglich geändert.)



Fragebogen zur Einschätzung des technischen Wissens

Datum \_\_\_\_\_

Wie heißt deine Schule \_\_\_\_\_

In welche Klasse gehst du \_\_\_\_\_

Wie alt bist du \_\_\_\_\_

Geschlecht  männlich  weiblich

**Nutze zur Beantwortung der Fragen Stichpunkte und/oder Skizzen. Wenn du willst, kannst du auch ganze Sätze schreiben.**

1. Nenne alle Teile eines Flugzeugs und zeichne nach Möglichkeit ein, wo sich die Teile am Flugzeug befinden.



Quelle: 747-8I\_(N6067E).jpg: Dave Subelack from YYC, Canadaderivative work: Altair78 (talk) - File:747-8I\_(N6067E).jpg Dieses Bild wurde digital nachbearbeitet. Folgende Änderungen wurden vorgenommen: crop levels. Das Originalbild kann hier eingesehen werden: 747-8I (N6067E).jpg. Bearbeitet von Altair78., CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15686726>

2. Welche Teile sind wichtig, damit sich ein Flugzeug in der Luft halten kann? Begründe!

---

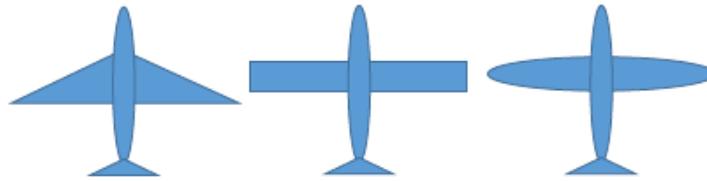
---

---

---

---

3. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein Flugzeug entwickeln, das möglichst viel Gewicht transportieren kann. Von deinen Kollegen bekommst du drei Vorschläge für die Flügel des Flugzeugs (Bild unten). Wie könntest du herausfinden, mit welchen Flügeln man das meiste Gewicht transportieren kann?



---

---

---

---

4. Welche Möglichkeiten ergeben sich durch Flugzeuge für die Gesellschaft?

---

---

---

---

5. Welche Probleme ergeben sich durch Flugzeuge für die Gesellschaft?

---

---

---

---

6. Du bist Flugzeugingenieur und sollst ein schnelles Flugzeug entwickeln.  
Was ist dabei besonders wichtig?

---

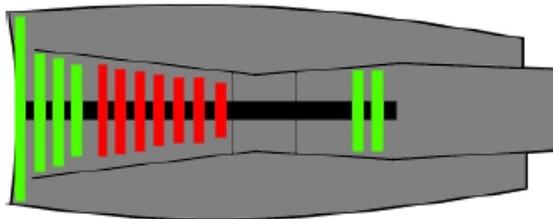
---

---

---

---

7. Nenne alle Teile eines Turbofans und zeichne nach Möglichkeit ein, wo  
sich die Teile bei einem Turbofan befinden.



8. Die auf dem Bild oben zu sehende Flugzeugturbine funktioniert nicht.  
Woran liegt das?

---

---

---

---

---

9. Würde eine Flugzeugturbine auch ohne Bypass funktionieren?

Begründe!

---

---

---

---

---

10. In unmittelbarer Nähe deines Zuhauses soll ein Flughafen gebaut werden. Beantworte die Fragen.

Wer hat einen Vorteil durch den Flughafen? Begründe.

---

---

---

---

---



Quelle: Marc Michel - de:wiki with the following informations included here. Uploaded by de:User:JuergenL 01:15, 10. Jan 2006, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=963128>

Wer hat einen Nachteil durch den Flughafen? Begründe.

---

---

---

---

11. Unten siehst du drei verschiedene Flugzeuge. Wofür sind die Flugzeuge da und woran erkennst du das?



Quelle:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR\\_crop.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR_crop.jpg)

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



Quelle: Dylan Ashe from San Jose, USA, derivative work Lämpel - FirstUploaded by Altair78, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66335877>

Zweck: \_\_\_\_\_

Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_



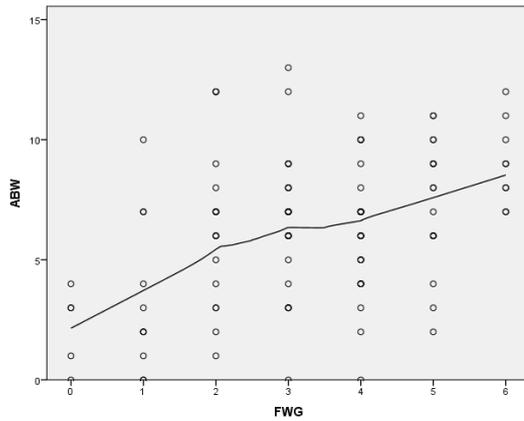
Quelle: Von United States Air Force - "History and Units of the United States Air Forces In Europe", CD-ROM compiled by GHJ Scharringa, European Aviation Historical Society, 2004. Image source listed as United States Air Force Historical Research Agency, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/>

Zweck: \_\_\_\_\_

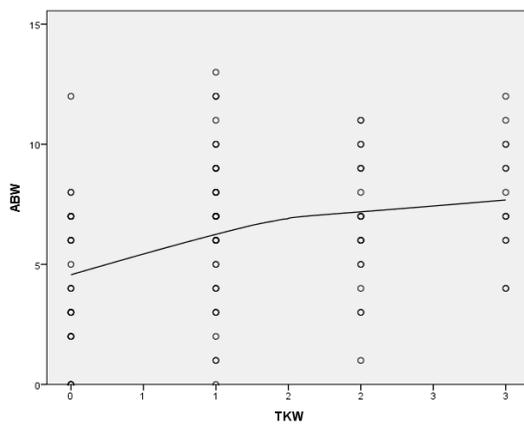
Erkennungsmerkmal: \_\_\_\_\_

## 10.5 Streudiagramme (Untersuchung 2-4)

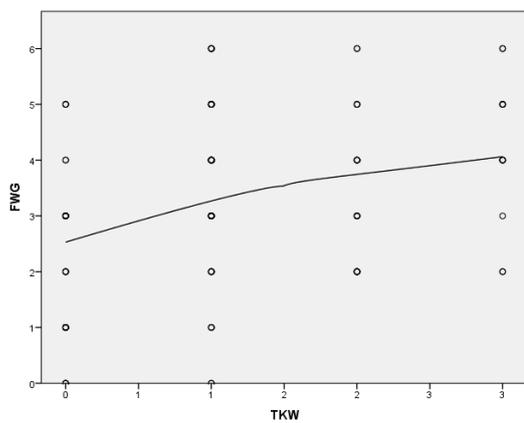
Untersuchung 2, Aufbauwissen – Funktionswissen:



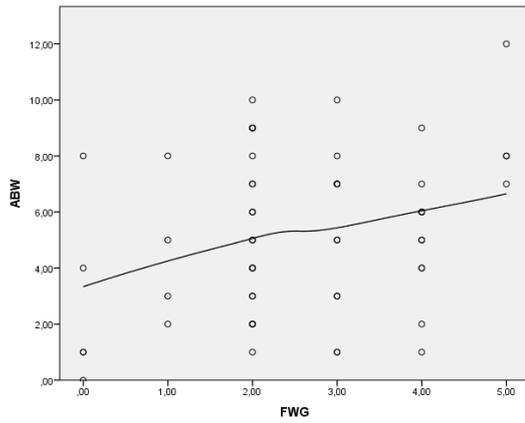
Untersuchung 2, Aufbauwissen – technisch-kreative Fähigkeit:



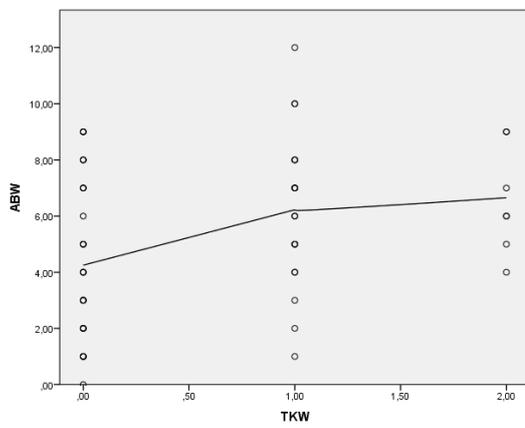
Untersuchung 2, Funktionswissen – technisch-kreative Fähigkeit:



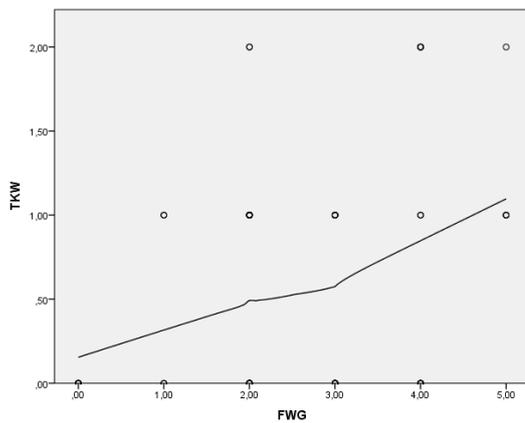
Untersuchung 3, Aufbauwissen – Funktionswissen:



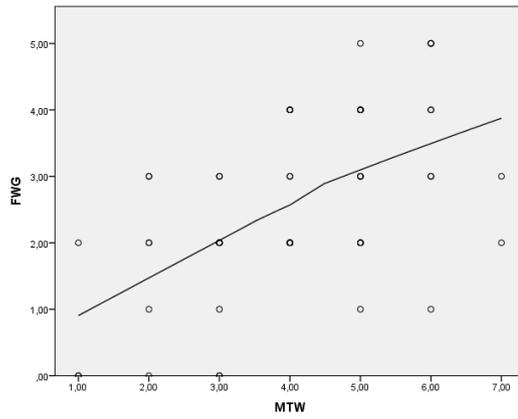
Untersuchung 3, Aufbauwissen – technisch-kreative Fähigkeit:



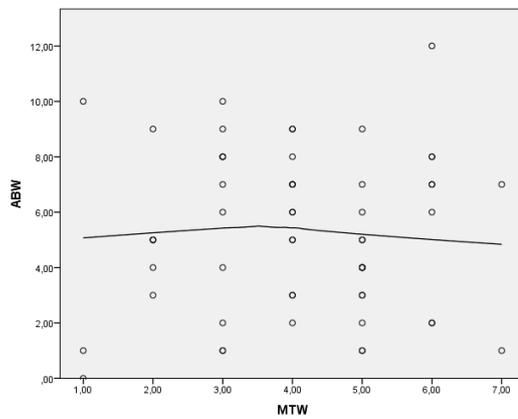
Untersuchung 3, Funktionswissen – technisch-kreative Fähigkeit:



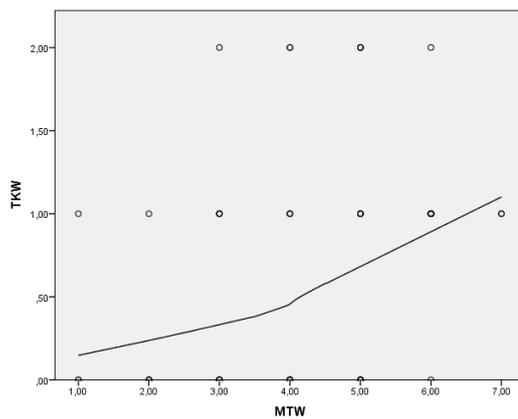
## Untersuchung 3, Funktionswissen – metatechnisches Wissen:



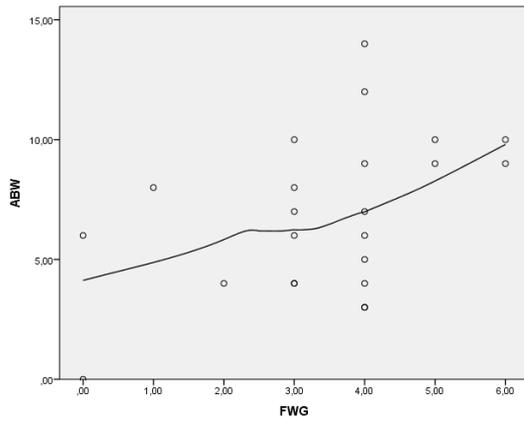
## Untersuchung 3, Aufbauwissen – metatechnisches Wissen:



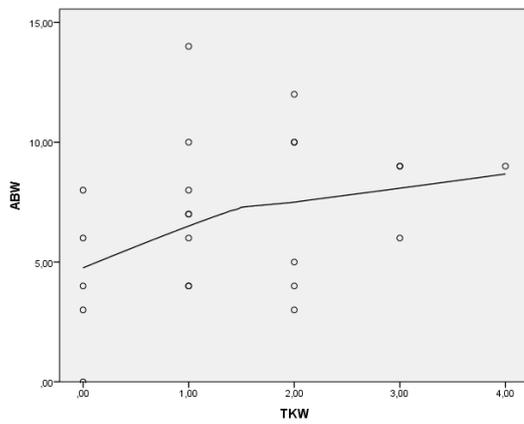
## Untersuchung 3, technisch-kreative Fähigkeit – metatechnisches Wissen:



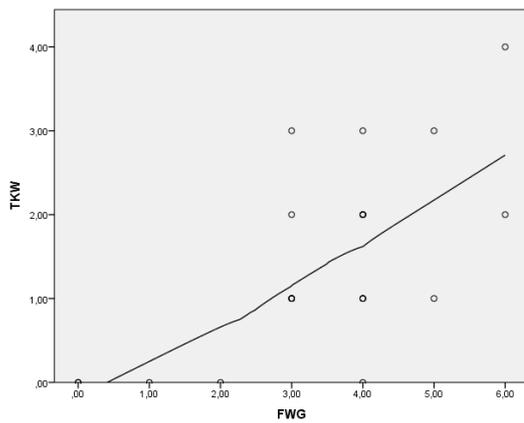
Untersuchung 4, Aufbauwissen – Funktionswissen:



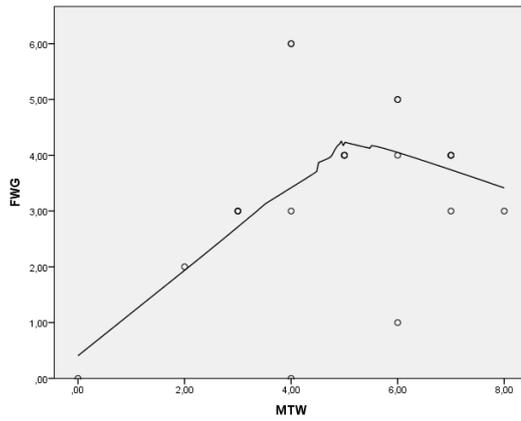
Untersuchung 4, Aufbauwissen – technisch-kreative Fähigkeit:



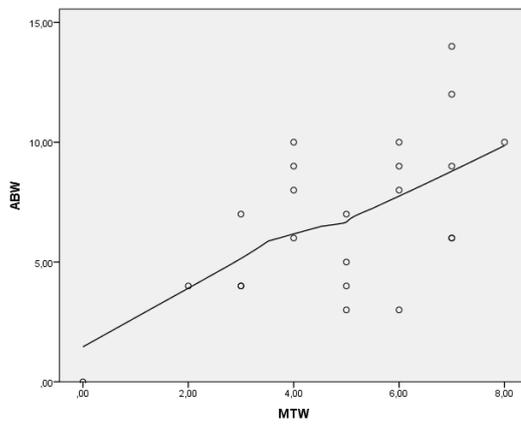
Untersuchung 4, Funktionswissen – technisch-kreative Fähigkeit:



## Untersuchung 4, Funktionswissen – metatechnisches Wissen:



## Untersuchung 4, Aufbauwissen – metatechnisches Wissen:



## Untersuchung 4, technisch-kreative Fähigkeit – metatechnisches Wissen:

