

The background of the cover is a complex, abstract composition of glowing lines and geometric shapes. It features a dark, almost black, space filled with vibrant, multi-colored lines in shades of green, blue, orange, and yellow. These lines intersect and overlap, creating a sense of depth and movement. Geometric shapes, including cubes and rectangular prisms, are scattered throughout, some appearing to float or be part of the line structure. The overall effect is reminiscent of a digital or technological environment, possibly representing data flow or a futuristic architectural design. The bottom right corner of the cover is a solid, deep red color, which provides a strong contrast to the abstract background.

Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Die Rolle von Technik, Technologie und
Ingenieurwissenschaft in der MINT-Literacy

Übersetzt und herausgegeben von
Tobias Wiemer, Jan Landherr und Peter Röben

Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Die Rolle von Technik, Technologie und
Ingenieurwissenschaft in der MINT-Literacy

Übersetzt und herausgegeben von
Tobias Wiemer, Jan Landherr und Peter Röben

UOLP





Ein gemeinsames Projekt der International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA) und ihres Council on Technology and Engineering Teacher Education (CTETE) 2020.



Dieses Projekt wird von der Technical Foundation of America und der National Science Foundation unterstützt, #ATE – 1904261.

Alle in diesem Material geäußerten Meinungen und Erkenntnisse sind die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der NSF wider.

Internationale ISBN: 978-1-887101-11-0

Internationaler Verband der Technologie- und Ingenieurausbilder (2020).

Standards für technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktik: Die Rolle von Technologie und Ingenieurwesen in der MINT-Literacy. <https://www.iteea.org/STEL.aspx>

Deutsche Ausgabe:

Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Die Rolle von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft in der MINT-Literacy

Übersetzt und herausgeben von Tobias Wiemer, Peter Röben und Jan Landher

@agsandrew – fotolia.com :

Titelbild und Seiten 1, 6, 17, 23, 33, 85, 103, 139 143, 153

Oldenburg, 2024

University of Oldenburg Press

Postfach 5641

26046 Oldenburg

E-Mail: uolp@uni-oldenburg.de

Internet: www.uol.de/bis/uolp

Satz/Layout: BIS-Druckzentrum (Dörte Sellmann)

Umschlag: BIS-Druckzentrum (Renate Stobwasser)

ISBN 978-3-8142-2418-3

Inhalt

Widmung	7
Vorwort der englischen Ausgabe	9
Vorwort und Anmerkungen der deutschsprachigen Herausgeber	13
1 Die Notwendigkeit von Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy	17
1.1 Definition von Literacy	18
1.2 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy für alle	18
1.3 Lehren und Lernen im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft	19
1.4 Allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy als disziplinärer Integrator	21
2 Überblick über die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy	23
2.1 Struktur der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy	24
2.2 Merkmale der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy	25
2.3 Grundstruktur der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy	26
2.4 Die Kernstandards	26
2.5 Format der Kernstandards	28
2.6 Zielvorgaben	28
2.7 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken	29
2.8 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Kontexte	30
2.9 Hauptnutzende der Standards für technologische und ingenieurtechnische Praktik	30
2.10 Empfehlungen für die Verwendung der Standards für technologische und ingenieurtechnische Praktiken	31
2.11 Die Standards und MINT-Kooperationen	32

3	Kernstandards	33
3.1	Standard 1: Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft	34
3.2	Standard 2: Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft	42
3.3	Standard 3: Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren	50
3.4	Standard 4: Technikfolgen	55
3.5	Standard 5: Gesellschaftlicher Einfluss auf technologische Entwicklungen	62
3.6	Standard 6: Technikgeschichte	66
3.7	Standard 7: Technik und Technologie gestalten	71
3.8	Standard 8: Anwendung, Instandhaltung und Bewertung technischer Produkte und Systeme	78
4	Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken	85
4.1	Praktik 1 (TEP-1): Systemdenken	88
4.2	Praktik 2 (wTEP-2): Kreativität	90
4.3	Praktik 3 (TEP-3): Gestalten und Umsetzen	91
4.4	Praktik 4 (TEP-4): Kritisches Denken	95
4.5	Praktik 5 (TEP-5): Optimismus	96
4.6	Praktik 6 (TEP-6): Zusammenarbeit	98
4.7	Praktik 7 (TEP-7): Kommunikation	99
4.8	Praktik 8 (TEP-8): Ethische Sensibilität	101
5	Technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Kontext	153
5.1	Kontext 1 (TEC-1): Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz	105
5.2	Kontext 2 (TEC-2): Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren	109
5.3	Kontext 3 (TEC-3): Verkehr und Logistik	112
5.4	Kontext 4 (TEC-4): Energie und Leistung	115
5.5	Kontext 5 (TEC-5): Information und Kommunikation	118
5.6	Kontext 6 (TEC-6): Die gebaute Umwelt	120
5.7	Kontexte 7 (TEC-7): Medizin- und Pflorgetechnik	123
5.8	Kontexte 8 (TEC-8): Landwirtschafts- und Biotechnologie	126

Anhang A – STEL-Zielvorgaben und Lehrplanentwicklungsressourcen	131
STEL-Zielvorgaben und ihre Zuordnung zu kognitiven, affektiven und psychomotorischen Bereichen	137
Anhang B – Kurze Geschichte des Projekts zur Überarbeitung der Normen	139
Zeitplan für das Projekt zur Überarbeitung der Standards	140
Anhang C – Bibliografie und Referenzen	143
Anhang D – Danksagungen	153



Widmung

**William E. Dugger, Jr.
1937–2018**

The inspiration for Standards for Technological and Engineering Literacy (STEL) was Dr. William E. Dugger, Jr., who led the Technology for All Americans Project in the 1990s, first publishing Standards for Technological Literacy (STL) in 2000, and tirelessly traveling the globe to explain and promote STL. Due to his persistence, the technological literacy standards were adopted by states, districts, provinces, classroom teachers, textbook companies, test developers, other professional associations, and many other ITEEA stakeholders. He was a friend and colleague to us all. Standards for Technological and Engineering Literacy is dedicated to his memory.

Vorwort

der englischen Ausgabe

Thomas Loveland

Principal Investigator,
University of Maryland Eastern Shore

Marie Hoepfl

Co-Principal Investigator,
Appalachian State University

Steven Barbato

Co-Principal Investigator,
International Technology and
Engineering Educators Association

Philip Reed

2020–21 ITEEA President,
Old Dominion University

Seit der Veröffentlichung der Standards für eine allgemeine technische Bildung¹ im Jahr 2000 hat die Bedeutung von Bildungsprogrammen, die dem Studium der Technologie gewidmet sind, nicht abgenommen. Damals wie heute steht die Verbesserung der technischen Bildung aller Kinder und Jugendlichen im Vordergrund. Das übergeordnete Ziel besteht darin, Individuen in die Lage zu versetzen, ein umfassendes, konzeptionelles Verständnis von Technik und ihrer Rolle in der Gesellschaft zu entwickeln. Dies ermöglicht es ihnen, aktiv an der technischen Welt teilzunehmen und Technik verantwortungsbewusst sowohl zu produzieren als auch zu nutzen. Alle technischen Systeme sind in soziale und umweltbezogene Kontexte eingebettet und haben sowohl beabsichtigte als auch unbeabsichtigte Konsequenzen. Viele unserer aktuellen globalen Probleme wurden durch die Auswahl technischer Lösungen verursacht. Dies bestätigt die Relevanz technischer Versiertheit und einer aktiven Beteiligung an Entscheidungsprozessen.

In den letzten zwei Jahrzehnten sind im Bildungsbereich erhebliche Veränderungen eingetreten. Es wird im Lehrplan für die Vorschul- bis Zwölftklässler verstärkt auf Design geachtet, vor allem in technischer und ingenieurwissenschaftlicher Hinsicht. Dies entspricht einem Bekenntnis zum designbasierten Lernen² und gründet auf der Überzeugung, dass das Lernen durch Entdecken, kritisches Denken, Gestalten und die Anwendung von Technik profitieren kann. Darüber hinaus ist die Rolle der MINT-Bildung (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik)³ bei der Vorbereitung von Schülerinnen und Schülern auf eine berufliche oder akademische Laufbahn ein-

1 Die Übersetzung der Standards aus dem Jahr 2000 stammt von Gerd Höpken, Susanne Osterkamp und Gert Reich: Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (2003): Standards für eine allgemeine technische Bildung. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.

2 Das sog. Design-based Learning ist ein didaktischer Ansatz, der Merkmale des Designprozesses als Ausgangspunkte für die Konzeptionierung von Unterricht festlegt und dabei Bezug auf die sog. 21st Century-Skills nimmt.

3 Im Original wird das Akronym STEM genutzt, das die Bereiche Science, Technology, Engineering und Mathematics abdeckt, somit die Disziplinen Naturwissenschaften, Technikwissenschaften, Ingenieurwesen und Mathematik (STEM). Zwar fehlt in MINT der Bereich des Ingenieurwesens, da das I für Informatik steht, doch in der Verknüpfung von MINT-Bildung und beispielsweise dem Mangel an Ingenieurfachkräften wird dies zumeist mitgedacht. Aus dem Grund findet in der Übersetzung das Akronym MINT Anwendung, wobei die Übersetzer darauf hinweisen, dass die Verknüpfung jeder spezifisch technischen Bildung und der Ausbildung zukünftiger Ingenieure sowie Ingenieurinnen viel stärker in den Fokus gerückt werden sollte.

schließlich hochqualifizierter Berufe gesellschaftlich anerkannt. Dennoch wird Bildung in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen in der schulischen PreK-12-Ausbildung oft zu eng definiert und missverstanden. Die *Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy* sollen diesen Entwicklungen Rechnung tragen.

Sie verdeutlichen die Rolle von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften im MINT-Bereich. Die interdisziplinären Verbindungen erstrecken sich jedoch über die Naturwissenschaften und Mathematik hinaus. Es wird berücksichtigt, dass Bildung Fähigkeiten in einem breiteren Spektrum von Fachgebieten umfasst, darunter Sprachen, Sozialwissenschaften und bildende Künste. Mit den Standards wird versucht, den interdisziplinären Charakter zu betonen, indem sie soziale, ethische, wirtschaftliche, ökologische und ästhetische Faktoren neben den technischen aufgreifen. Die Prozesse des Entwerfens, Herstellens und Anwendens sind seit langem charakteristisch für den Technikunterricht und bieten zahlreiche Möglichkeiten, Fachwissen, Fähigkeiten und Ressourcen aus verschiedenen Disziplinen einzubinden und anzuwenden.

Die *Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy* bieten einen aktualisierten Ausblick auf das, was Schülerinnen und Schüler wissen und können sollten, um technisch, technologisch und ingenieurwissenschaftlich gebildet zu sein. Das Dokument definiert kein einheitliches Lehrplanmodell und behauptet auch nicht, als MINT-Standard zu dienen. Es beschreibt demgegenüber die Inhalte und die Praktiken allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy für die Klassen PreK-12, also von der Vorschule bis zur 12. Klasse. Es liegt an den Bundesstaaten und -ländern, Schulbezirken, Lehrkräften und ande-

ren, auf der Grundlage dieser *Standards* sinnvolle Lehrpläne für entsprechende Bildungssettings zu entwickeln.

Die *Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy* weisen mehrere signifikante Unterschiede zu den ursprünglichen Standards für eine allgemeine technische Bildung aus dem Jahr 2000 auf. Hier wurde die Anzahl der zentralen Standards von 20 auf acht reduziert, und die damit verbundenen Zielvorgaben (sogenannte Benchmarks) wurden von 288 auf 142 verringert. Dies trägt den Rückmeldungen von Mitgliedern der MINT-Community Rechnung und greift den Wunsch auf, sich auf das zu konzentrieren, was als „*Power“-Standards*⁴ bezeichnet werden könnte – das heißt Standards und Zielvorgaben, die die technologischen Veränderungen im Laufe der Zeit überdauern. Die früheren *Standards für „[d]ie technische Welt“*⁵ wurden hier als technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche *Kontexte* neu konzipiert, in denen die Kernstandards angewendet werden. Dies unterstreicht das Anliegen, über einen Ansatz hinauszugehen, der versucht, einen übermäßig breiten Umfang von technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Aspekten abzudecken, hin zu einem Ansatz, der eine regionale Schwerpunktsetzung und inhaltliche Spielräume ermöglicht und dennoch den Schülerinnen und Schülern hilft, die *Kernstandards* und *Praktiken* zu erlernen und anzuwenden. Für jeden Kontextbereich werden beispielhafte curriculare Ansätze vorgeschlagen. Darüber hinaus beinhaltet das Dokument Hinweise auf technische, technologische und ingenieurmäßige *Praktiken*. Diese beschreiben Schlüsselattribute und persönliche Merkmale/Charaktereigenschaften, die alle Lernenden im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Bildung aufweisen sollten. Die *Standards für eine allgemeine technische, technologische und*

4 Der im Original verwendete Begriff Power Standards als eine den Core Content Standards (wird in diesem Dokument als Kernstandards übersetzt) übergeordnete Struktur lässt sich nicht zufriedenstellend ins Deutsche übersetzen. Es ließe sich von Super-Kernstandards sprechen.

5 So die Übersetzung für die Design-World-Standards nach Höpken, Osterkamp und Reich (2003, 201–286).

ingenieurwissenschaftliche Literacy bilden daher eine Grundlage, auf der Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte curriculare Ansätze und Lernziele entwickeln, Lernumgebungen gestalten, sich mit der Bildungsgemeinschaft austauschen und Schülerinnen und Schüler auf ihre Zukunft vorbereiten können.

Diese Arbeit wurde durch Zuschüsse der National Science Foundation und der Technical Foundation of America ermöglicht. Wir sind den Mitgliedern

des Revisionsteams, die an diesem Projekt von Anfang an beteiligt waren, den Mitgliedern des Redaktions-/Schreibteams, die ihre Zeit und ihr Fachwissen teilten, um dem Dokument seine Form zu geben, und den vielen Personen, die Entwürfe des Dokuments überprüft und Feedback gaben, zu Dank verpflichtet. Hoffentlich dient es als Katalysator, um das Ziel einer allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Bildung für alle weiter zu befördern!

Vorwort

und Anmerkungen der
deutschsprachigen Herausgeber

Tobias Wiemer

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Jan Landherr

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Peter Röben

Professor für Technikdidaktik,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Die gesellschaftlichen Herausforderungen der modernen Welt, wie z. B. der Klimawandel, der Einsatz Künstlicher Intelligenz und der Raubbau an der Natur, erscheinen als Resultat oder zumindest Nebenwirkung von Technologien und technischen Anwendungen. Was bei der KI und dem Verbrennungsmotor auf den ersten Blick noch nachvollziehbar erscheint, erschließt sich bei anderen Technologien nicht so leicht. Die Wärmepumpe hat z. B. im vergangenen Jahr in einem erstaunlichen Ausmaß für Verunsicherung und Bedrohungsfantasien gesorgt. Dabei haftet dieser Technologie eigentlich nichts Bedrohliches an und mit etwas gutem Willen kann man auch als Laie ihrem Funktionsprinzip auf den Grund gehen. Doch viele Menschen glauben einfach nicht, dass sie in der Lage ist, der kalten Außenluft Wärme für das Aufheizen der Wohnung zu entziehen, obwohl sie mit einem Kühlschrank ein Gerät zuhause stehen haben, das dieselben physikalischen Gesetzmäßigkeiten nutzt: Expansion und Kompression, nur in einem anderen technologischen Schema.

So wie Technologie auf der einen Seite als bedrohlich angesehen wird, erscheint sie auf der anderen Seite vielen als Heilsbringerin bei dem Versuch der Lösung von drängenden Problemen, z. B. das Climate Engineering. Aber wenn es erst einmal eine Möglichkeit geben sollte, CO₂ im großen Maßstab aus der Atmosphäre zu filtern, wären dann nicht alle Bestrebungen, auch noch den letzten Tropfen Erdöl zu fördern oder die riesigen Kohlevorräte weiter zu verbrennen, ins Recht gesetzt? Und würde dies nicht das Risiko einer globalen CO₂-Katastrophe erhöhen, sollten sich die Versprechen in die technische Lösung als überhöht oder nicht einlösbar erweisen? Aber sollte man es nicht trotzdem versuchen, aufgeklärt und ohne dies als Rechtfertigung für mehr CO₂-Ausstoß zu betrachten?

Technologie wird bei der Lösung der genannten Probleme gebraucht, aber ihre Entwicklung und ihr Einsatz erfordern eine technisch aufgeklärte Bevölkerung, die fähig ist, Technik mitzugestalten. Sich mit diesen Fragen auseinanderzusetzen und die Rolle der Technologie und Technik darin zu untersuchen, ist eine Aufgabe Technischer Bildung.

Technik und Technologie wird von Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern konstruiert, entwickelt und geschaffen, aber sie entscheiden nicht über ihre Gestaltung und strategische Ausrichtung. Da die Auswirkungen des Technikeinsatzes ausnahmslos alle Menschen dieser Erde betreffen, ist es eine elementare Aufgabe jedes allgemeinen Bildungssystems, die Fähigkeit zur Bewertung und Mitgestaltung von Technik anzubahnen und zu entwickeln. Insbesondere die Jugend muss dazu in die Lage versetzt werden, die technischen Hinterlassenschaften der Vorgängergenerationen kritisch zu bewerten, weil sie es sind, denen die damit verbundenen Unkosten aufgebürdet werden.

Die Veröffentlichung der Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy (STEL) in deutscher Sprache sollen in diesem Kontext als Diskussionsbeitrag dienen, verbunden mit der Frage, was man idealerweise über Technik wissen sollte und was zu einer technischen Allgemeinbildung gehören könnte. Zu dieser Frage bieten die Standards eine Reihe wichtiger Impulse auch für die Technische Bildung in Deutschland.

Im Vergleich mit dem gemeinsamen Referenzrahmen Technik⁶ oder den Bildungsstandards Technik⁷ fällt zunächst auf, dass diese sich auf das schmale Feld der Kompetenzen oder Kompetenzziele beschränken und in diesem Rahmen Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten beschreiben, die sich Schülerinnen und Schüler im Laufe ihres Bildungsweges aneignen bzw. entwickeln sollen. Sie orientieren sich dabei an klas-

sischen Curricula. Die Anbahnung von Werten und Haltungen spielt eine geringe Rolle. Demgegenüber stellen aktuelle Rahmenwerke und Strategien, wie die 21st Century Skills, der Lernkompass der OECD⁸, die Digital Competence Frameworks der Europäischen Union⁹ oder die Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“¹⁰, Werthaltungen und Überzeugungen in den Fokus. Dies wird in den Standards aufgegriffen und in Form von Praktiken beschrieben. Die Praktiken machen „Optimismus“ (TEP-5), „kritisches Denken“ (TEP-4) oder „Ethische Sensibilität“ (TEP-8) zu einem zentralen Bestandteil des Bildungsprozesses. Das Denken in Systemen (TEP-1) und die Förderung von Kreativität (TEP-2), Kommunikationsfähigkeit (TEP-7) und Zusammenarbeit (TEP-6) sind Ansätze, um der komplexen und technisch sich schnell weiterentwickelnden Gesellschaft ein Bildungsprogramm entgegenzustellen und die an aktuelle Rahmenwerke und Strategien anknüpfen. Die in den STEL formulierten Praktiken ergänzen sich, um Schülerinnen und Schülern einen differenzierten und kritischen Blick auf Technik und Technologie zu ermöglichen, der trotz einer optimistischen Grundhaltung nicht affirmativ ist.

Die in den STEL beschriebenen acht Praktiken stellen das Bindeglied zwischen acht Kernstandards, in denen die Schlüsselideen und -konzepte sowie Grundbegriffe beschrieben werden, und acht Kontexten, die die Inhaltsbereiche liefern, dar. Kontexte, Kernstandards und Praktiken sollen den Rahmen für die Entwicklung von spezifischen Curricula des Technikunterrichts von der Grundschule bis zum Abschluss der Sekundarstufe II zur Verfügung

6 Vgl. VDI (2021): Gemeinsamer Referenzrahmen Technik (GeRRT). Technikkompetenzen beschreiben und bewerten. VDI. <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/gemeinsamer-referenzrahmen-technik-gerrt> (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

7 Vgl. VDI (2004): Bildungsstandards im Fach Technik für den mittleren Schulabschluss. <https://www.sachsen.schule/~nw/tc/files/bildungsstandards-technik.pdf> (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

OECD (2019): https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Lernkompass_2030.pdf (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

8 OECD (2019): https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Lernkompass_2030.pdf (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

9 Vuorikari, R., Kluzer, S. and Punie, Y. (2022): DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens, EUR 31006 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-48882-8, doi:10.2760/115376, JRC128415 (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

10 KMK (2016): <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html> (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

stellen. Mit der Entwicklung einer angemessenen positiven Haltung und dem Vertrauen, Probleme der Gesellschaft durch die Anbahnung von Fähigkeiten zur Mitgestaltung technischer Lösungen zu finden, eröffnen die Praktiken einen Zugang zu Technik und den Kontexten, in denen sie eingesetzt wird.

Die Kernstandards der ITEEA sind weit gefasst. Ein konkretes Beispiel kann das verdeutlichen: In den Standards findet sich der Kernstandard „Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft“. Schülerinnen und Schülern soll also deutlich gemacht werden, was Technik ausmacht. Dazu muss ihnen der Unterschied zwischen der technischen und der natürlichen Welt deutlich gemacht werden. Diese Einsicht erscheint nur auf den ersten Blick trivial, zu ihrer didaktischen Anbahnung und Vertiefung kann dieses Thema jedoch von der Grundschule bis zur Universität immer wieder aufgegriffen werden. Durch Aufbau und Struktur der Standards wird zudem in jeder Klassenstufe nach Möglichkeiten gesucht, einen möglichst großen Teil der Vielfalt von Technik, Technikwissenschaften und technischer Welt abzubilden. Ein Beispiel hierfür ist, dass schon in der Grundschule der Ingenieur und das Handeln von Ingenieurinnen und Ingenieuren als Thema beschrieben wird, das in der deutschen Technischen Bildung eher selten aufgenommen wird.

Die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy verbinden das Ingenieurwesen und aktuelle Technologien mit der Allgemeinen Technischen Bildung. Mit dieser Verknüpfung wurde in den Vereinigten Staaten schon 2009 begonnen, um Allgemeine Technische Bildung besser zu kommunizieren und um die Wichtigkeit dieses Bildungsbereichs zu verdeutlichen¹¹. Die Erfolge dieses Anliegens zeigen sich z. B. in der Erkenntnis, dass durch Technik im MINT-Kontext das Interesse an den Naturwissenschaften und auch der Mathematik gesteigert

werden kann¹². Dass Technische Bildung nicht nur additiv in der Zusammenstellung MINT gedacht wird, sondern integrativ und katalytisch, muss nach Meinung der Autoren auch in Deutschland viel stärker in den Fokus gerückt werden.

Wenngleich die Standards kein Curriculum darstellen, sondern Inhalte beschreiben, werden durch Angabe von Zielvorgaben konkrete Anforderungen an das Resultat des Unterrichts und die Technische Bildung der Schülerinnen und Schüler formuliert. Dies ist ein Perspektivenwechsel und ein Impuls, Technische Bildung vom Ergebnis der Bemühungen aus zu betrachten. Innerhalb der Standards erfolgt auch eine schulstufenspezifische Ausdifferenzierung. Zwar werden von der Vorschule bis zum Abitur unterschiedliche Zielvorgaben formuliert, aber die Felder, in denen diese entwickelt werden, bleiben für alle Stufen im Wesentlichen identisch, so dass die Standards Möglichkeiten schaffen, durch die Entwicklung darauf basierender Curricula ein akkumulatives Lernen zu gestalten, eine für die Technische Bildung im deutschsprachigen Raum bis jetzt ebenfalls wenig ausformulierte Überlegung.

Eine Übersetzung ist an der einen oder anderen Stelle immer eine Herausforderung. Zwei Aspekte sind hier zu nennen: Zum einen spiegeln die Unterrichtsinhalte und praktischen Beispielen an manchen Stellen die US-amerikanische Lebensrealität wieder und müssen in diesem Kontext gelesen werden. Zum anderen ist der Text tief in der Fachterminologie verwurzelt. Dies erforderte an einigen Stellen Anpassungen und Überlegungen, wie mit Begriffen, die nicht eins zu eins ins Deutsche zu übersetzen sind, umgegangen werden muss. Drei Begriffe sind hier explizit zu nennen:

Der erste Begriff ist „Engineering“, der durch seine Beziehung zu den Ingenieurwissenschaften von entscheidender Bedeutung für die Standards ist.

11 Vgl. Stremel, G. J. (2023): Technology Educations' Place in STEM. In D. Gill, D. Erving-Bell, M. McLain and D. Woloff. The Bloomsbury Handbook of Technology Education, S. 76–92. Bloomsbury Publishing.

12 Vgl. Cunningham et al. (2019): The impact of engineering curriculum design principles on elementary students' engineering and science learning. Journal of Research in Science Teaching (57), 423–453.

Das Verb „engineering“ beschreibt den Prozess des Planens, Bauens und Entwickelns eines technischen Systems. Es bezieht sich auf die Anwendung technischen und wissenschaftlichen Wissens zur Lösung komplexer Probleme und zur Schaffung effizienter, funktionaler und innovativer Systeme und Strukturen. Dieser Prozess umfasst verschiedene Phasen wie Konzeption, Gestaltung, Analyse und Umsetzung und erfordert ein tiefgehendes Verständnis für sowohl theoretische Grundlagen, als auch praktische Anwendungen. Das Verb „engineering“ bedeutet in diesem Sinne nicht nur Erstellung von physischen Strukturen oder Maschinen, sondern auch Entwicklung von Systemen, Software und Prozessen. Im Deutschen gibt es keinen vergleichbaren Begriff und so mussten in der Übersetzung Umschreibungen gefunden und in Kontexte eingebettet werden. Dies ist aber eigentlich unbefriedigend, wo doch gerade der Begriff „engineering“ die Verknüpfung des Handelns der Schülerinnen und Schüler im Technikunterricht mit dem Handeln der Ingenieurin und des Ingenieurs herstellt. Die Standards verdeutlichen, dass Technikunterricht auch die Aufgabe der Berufsorientierung hin zum Ingenieurberuf leisten sollte, was auch in Deutschland erst noch geleistet werden muss. In der Grundschule, weil Berufsorientierung hier bereits beginnt und die Ingenieurin und der Ingenieur bisher eine Leerstelle sind. In der Sekundarstufe I, weil viel zu wenig realisiert wird, dass auch Schülerinnen und Schüler, die zunächst einen Beruf anstreben, später im Leben studieren können. Die Anerkennung von informell erworbenen Kompetenzen führte zu einer signifikanten Steigerung von Studierenden ohne Abitur: zwischen 1997 und 2021 um mehr als das Achtfache¹³. Und in der Sekundarstufe II ohnehin, wobei hier daran zu erinnern ist, dass es eine explizite Technische Bildung durch ein Fach Technik bis zum Abitur nur in zwei Bundesländern gibt.

Der zweite Begriff ist „Design“, der schon im Englischen vielschichtige Bedeutungen enthält. Er beinhaltet die ganze Entwicklung und Konzeption von Objekten und Systemen, wobei technische,

funktionale, ästhetische und emotionale Aspekte integriert werden können. „Design“ als Prozess verbindet kreatives Denken mit technischem Wissen und einem Verständnis für menschliche Bedürfnisse hinsichtlich technischer Systeme. „Design“ bezieht sich sowohl auf die praktische Funktionalität und Effizienz eines Objekts als auch auf seine ästhetische und emotionale Wirkung. In der Übersetzung wird für „design“ der Begriff „gestalten“ bzw. „Gestaltung“ gewählt. Während das Verb „gestalten“ in seiner allgemeinen Form die Kreation und Formgebung eines Objekts oder Systems umfasst, spiegelt es vielleicht nicht immer die vollständige Tiefe des Designbegriffs wider, insbesondere in Bezug auf dessen technische, funktionale und emotionale Dimensionen. In der Übersetzung wird daher versucht, den Begriff „gestalten“ in einer Weise zu verwenden, die diese mehrdimensionalen Aspekte des Designs angemessen berücksichtigt und reflektiert.

Zudem stellte sich die Frage nach dem Literacy-Begriff. Bei der Übersetzung der im Jahr 2003 erstmals erschienenen Standards haben sich die Herausgeberin und die beiden Herausgeber der deutschsprachigen Version für den Begriff Bildung entschieden. Allerdings findet auch im deutschsprachigen Raum der Begriff „Literacy“ zunehmend Verwendung, da es oft schwierig ist, seine genaue Bedeutung adäquat zu übersetzen. Während „Bildung“ im Deutschen ein ähnlich weitreichendes Konzept ist, fehlt diesem Wort oft die spezifische Konnotation der praktischen Fähigkeiten und des anwendungsorientierten Wissens, die „Literacy“ hingegen aufweist. Daher wird in der vorliegenden Übersetzung „Literacy“ häufig unübersetzt gelassen, um die Nuancen und die Breite des Konzepts vollständig zu erhalten. Die Übersetzung von „Literacy“ als „Bildung“ würde vielleicht einem breiteren Publikum eine Hilfestellung liefern, dies ist jedoch verbunden mit der Gefahr, dass wesentliche Facetten und die spezifische Bedeutung von „Literacy“ verloren gehen. In Anbetracht dieser Überlegungen erscheint es den Autoren sinnvoller, den Begriff „Literacy“ beizubehalten.

13 <https://studieren-ohne-abitur.de/zahlen-daten-fakten/quantitative-entwicklung-in-deutschland/> (zuletzt abgerufen 22.01.2024).

Die Notwendigkeit von Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Technologie und Technik sind in allen Bereichen des menschlichen Lebens allgegenwärtig. Jede menschliche Aktivität hängt von den Produkten, Systemen und Prozessen ab, die geschaffen wurden, um Nahrung anzubauen, Unterkunft zu bieten, zu kommunizieren, zu arbeiten und sich zu erholen. Da die Welt immer komplexer wird, wird es für alle immer wichtiger, mehr über Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft zu wissen. Menschen sollten die Auswirkungen von Technologie auf ihr Leben, die Gesellschaft sowie die Umwelt verstehen und lernen, wie technologische Produkte, Systeme und Prozesse genutzt und entwickelt werden, um die Möglichkeiten und Fähigkeiten der Menschen zu erweitern. All diese Kenntnisse sind wichtige Elemente einer allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy.



1

1.1 Definition von Literacy

Literacy bezeichnete früher einfach die Fähigkeit, zu lesen und zu schreiben, ist aber heute ein viel breiter gefasster Begriff. In einem Bericht der National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (vgl. 2016) wird zwischen grundlegender Literacy, die sich auf Text- und Rechenpraktik bezieht, und disziplinärer Literacy, also Wissen und Können innerhalb eines bestimmten Bereichs, unterschieden. Beide sind nützliche Konzepte und in inhaltlichen Standards für ein bestimmtes Fachgebiet müssen beide Arten von Literacy berücksichtigt werden. Literacy ist ein fließendes Konstrukt; d. h., Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten in einem bestimmten Bereich ändern sich im Laufe der Zeit. Zwischen naturwissenschaftlicher, technischer, ingenieurwissenschaftlicher und mathematischer Literacy gibt es eine Reihe von Verbindungen; jede dieser Arten von Literacy zeichnet sich jedoch durch bestimmte Merkmale aus. Ein wichtiges Merkmal der technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist die Hervorhebung von Prozess und Handlung, also des praktischen Tuns, was Entwurf und Herstellung von Technik einschließt. Der Zweck der Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy ist es, die Komponenten der technischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy zu artikulieren. STEM-Literacy ist noch nicht allzu gut definiert, aber es ist anzunehmen, dass eine verbesserte Literacy in diesen vier Disziplinen zu der Art von funktionaler Literacy führt, die benötigt wird, um die dringendsten gesellschaftlichen Probleme zu lösen.

1.2 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy für alle

Alle Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen sollten mehr über Technik, Technologie und Ingenieurwesen wissen. Der Hauptgrund dafür ist, dass diese Bereiche zwar alle Facetten des menschlichen Lebens bestimmen, aber nur wenige über ein tiefer-

gehendes Wissen darüber verfügen, weshalb das Verständnis darüber innerhalb der Gesellschaft verbessert werden sollte. So verstehen viele Menschen Technologie lediglich als Kommunikationsgeräte wie Smartphones und Computer, was einem stark verkürzten Verständnis der Definition von Technologie entspricht. Zudem denken viele Menschen, dass Ingenieur lediglich irgendein Beruf ist, ohne zu verstehen, wie dessen Arbeit Auswirkungen auf das tägliche Leben aller Menschen hat. Das Ziel besteht dabei nicht darin, alle Menschen zu Technikerinnen und Technikern oder Ingenieurinnen und Ingenieuren zu machen, sondern die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy zu erweitern, damit Menschen fundierte Entscheidungen über Technologie treffen und besser zu ihrer Gestaltung, Entwicklung und Nutzung beitragen können.

Die zunehmende Nachfrage nach Arbeitskräften im MINT-Bereich sorgt dafür, dass immer mehr Menschen technische oder ingenieurwissenschaftliche Studiengänge belegen.¹⁴ MINT-Berufe schaffen durch Forschung und Entwicklung neue Güter und Dienstleistungen und tragen zur allgemeinen Lebensqualität der Menschen bei. Technologie und Technik werden jedoch traditionell nicht als Kernfächer in der Schulbildung (Primar, Sek I und Sek II) angesehen und erfahren daher nicht die gleiche Aufmerksamkeit wie Naturwissenschaften und Mathematik. Alle Berufe erfordern den Einsatz technischer Produkte, Systeme und Prozesse, weshalb Menschen mit einem höheren Maß an technologischer und technischer Literacy besser auf die Arbeitswelt vorbereitet sind. Berufliche Tätigkeiten in der modernen Gesellschaft erfordern Menschen, die kritisch und transdisziplinär denken und mit der Fähigkeit ausgestattet sind, sich an neue Technologien anzupassen. Diesem Bedarf kann durch den Ausbau der technischen, technologischen und ingenieurtechnischen Bildung entsprochen werden.

Technologie und Technik haben einen enormen Einfluss auf das Freizeitverhalten der Menschen. Alles,

¹⁴ Dies gilt nur für die USA.

was Menschen kaufen, von Häusern und Automobilen bis hin zu Lebensmitteln, Kleidung und Medikamenten, ist das Ergebnis der Entwicklung von Technologien und der Arbeit von Technikerinnen und Technikern sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren. Die Verbesserung des allgemeinen Niveaus der technischen und ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse hilft Menschen als Konsumenten, Produkteigenschaften, Herstellungsprozesse und kritische Konzepte wie Nachhaltigkeit und Produktlebenszyklus, um nur einige zu nennen, zu verstehen. Verbraucherinnen und Verbraucher, die ein besseres Verständnis von Technologie und Technik haben, werden besser informierte Entscheidungen über Produkte, die sie kaufen, und Dienstleistungen, die sie nutzen, treffen.

Technologie und Technik wirken sich sogar auf die Freizeitaktivitäten der Menschen aus. Sport, Spiele und Freizeitaktivitäten setzen beispielsweise oft ein bestimmtes Equipment voraus. Die notwendige Ausrüstung wurde und wird durch beständige Weiterentwicklung und die Einbeziehung neuer Materialien und Verfahren stetig verbessert. Verletzungen, die bei diesen Tätigkeiten entstehen, werden durch den Einsatz diagnostischer und rehabilitativer Medizintechnik behandelt. Dies sind nur einige Beispiele für den allgegenwärtigen Einsatz von Technologie und Technik in der Gesellschaft, über die sich viele Menschen wenig Gedanken machen. Aber das Verständnis der Beziehungen zwischen Freizeitaktivitäten und Technologie und Technik kann die Aktivitäten der Menschen sicherer und angenehmer machen

Ein letztes Beispiel für die Bedeutung allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy für alle ist die Betrachtung der soziokulturellen Implikationen. Technologische Produkte, Systeme, und Prozesse werden für einen bestimmten Zweck konzipiert und geschaffen, können aber oft auch für andere Zwecke oder mit unvorhersehbaren oder unerwünschten Folgen verwendet

werden. Ein Beispiel: Obwohl ein Herbizid im Hinblick auf die Verringerung des Arbeitsaufwands in der Landwirtschaft sehr wirksam sein kann, kann sich später herausstellen, dass es schädliche Auswirkungen auf Tiere und Menschen hat. Diese Art von soziotechnologischen Problemen tritt nur allzu oft auf, weil nicht alle Ergebnisse in Bezug auf das Design und die Implementierung von Technologie vorhergesagt werden können und/oder weil ein enger Fokus auf eine begrenzte Anzahl von Entwurfsparametern gelegt wurde. Das Lernen über Technologie, Technik und Ingenieurwesen kann Menschen in die Lage versetzen, die breiteren Auswirkungen von Entscheidungen über Technologie und Technik zu bedenken und anzugehen.

Die Gründe, warum alle Menschen in den Grundlagen von Technik, Technologie und Ingenieurwesen unterrichtet werden sollten, gehen weit über die vorangegangenen Beispiele Berufe, Konsumverhalten, Freizeitaktivitäten und Kultur hinaus. Die in diesem Buch beschriebenen zentralen Standards allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy bieten eine umfassende Struktur, die die Elemente der technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy für alle systematisch formuliert. Das Ergebnis ist eine Handreichung, die Lehrkräften, Verantwortlichen im Bildungssektor und anderen Bildungsfachleuten einen Leitfaden für die Entwicklung stringenter und relevanter Unterrichtsinhalte im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft für die allgemeine Schulbildung bietet.

1.3 Lehren und Lernen im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft

Der Wert und die Bedeutung einer allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy wird von einer breiten Gruppe von Expertinnen und Experten bestätigt¹⁵. Trotz dieses Konsenses gibt es nicht in allen Schulen

15 Dies gilt auch für Deutschland; ein Beispiel ist die VDMA-Studie zur allgemeinen technischen Bildung in Deutschland von 2019: <https://www.vdma.org/documents/34570/15801494/VDMA+-+Technikunterricht+in+Deutschland.pdf/d93de2fe-24cc-b50a-91af-3c1c4102d32a?t=1620372337562> (zuletzt abgerufen 01.09.2023)

allgemeinbildenden Technikunterricht. Einige Länder haben curricular verankerte Unterrichtsfächer oder Kursprogramme im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy, aber viele Schülerinnen und Schüler kommen in der Schule nur wenig oder gar nicht mit dem Thema in Berührung. Dies gilt insbesondere im Grundschulbereich. Sie machen dann ihren Schulabschluss mit einem minimalen Verständnis für eine der mächtigsten Kräfte, die die heutige Gesellschaft hervorbringen und prägen.

Die Bereiche Technik, Technologie und Ingenieurwesen sind komplex und entwickeln sich ständig weiter. Daher sollten Lehrkräfte weniger Zeit auf einzelne Fakten und mehr Zeit auf die umfassenden Dimensionen Wissen, Denken und Handeln im Kontext von Technik, Technologie und Ingenieurwesen verwenden. Die Dimension ‚Wissen‘ umfasst die Aufnahme von Informationen und deren Organisation sowie das Verstehen faktischer und konzeptioneller Zusammenhänge. Die Dimension ‚Denken‘ umfasst das Verstehen von Informationen durch Hinterfragen, Analysieren und Entscheiden. Die Dimension des ‚Handelns‘ umfasst den Einsatz von Technologie und Technik in angewandter Form, z. B. beim Entwerfen, Herstellen/Bauen, Produzieren und Bewerten. Alle drei Dimensionen – Wissen, Denken und Handeln – sind reziprok und für die Entwicklung der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy gleichermaßen wichtig.

Ziel einer allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist es, Schülerinnen und Schüler mit einem breiten Spektrum an Wissen und Fähigkeiten auszubilden, die die Wechselwirkungen zwischen Technik, Technologie, Ingenieurwesen und Gesellschaft erkennen

und aktuelle und neu entstehende Technologien nutzen, entwickeln und bewerten können. Dieses Ziel wird erreicht, indem der Unterricht auf alle drei Bereiche des Lernens ausgerichtet wird: kognitiv, affektiv und psychomotorisch.¹⁶ Die Zielvorgaben in den Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy sind unter Verwendung von Operatoren geschrieben, die innerhalb dieser Bereiche mit steigender Klassenstufe anspruchsvoller werden. Dies soll dazu dienen, Lehrplanentwicklern und Lehrkräften zu helfen, die Anforderungen an den Unterricht im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft mit fortschreitender Lernaufbau der Schülerinnen und Schüler immer anspruchsvoller zu gestalten.

Obwohl die Begriffe T und E in STEM¹⁷ oft synonym verwendet werden, ist es notwendig, die Absicht der Einbeziehung der Ingenieurwissenschaften in den Kontext der Standards genauer zu erläutern. Die Standards zielen nicht darauf ab, das gesamte Spektrum der Ingenieurwissenschaften zu erfassen. Allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy mit ihrem Schwerpunkt auf technologischen Produkten, Design und Wechselwirkungen zwischen Technologie und Gesellschaft bietet eine breitere Basis als eine ausschließliche Konzentration auf die Ingenieurwissenschaften und ihre inhaltlichen Teilbereiche (z. B. Maschinenbau, Bauwesen, Elektrotechnik usw.). Eine weitere Möglichkeit, diese Beziehung auszudrücken, besteht darin, das disziplinäre Studium der Ingenieurwissenschaft als Substantiv (Ingenieurwesen) und die Anwendung der ingenieurmäßigen Gestaltung und der ingenieurmäßigen Denkweise als Verb¹⁸ (ingenieurmäßiges Denken und Handeln) zu bezeichnen. Letzteres wird in diesen Standards gemeint. So definiert stellen Technik und Techno-

16 Der Begriff der Psychomotorik bezieht sich auf den Prozess des Erlernens motorischer Fähigkeiten, der in drei Phasen unterteilt ist: die kognitive Phase, in der Individuen eine neue Fähigkeit verstehen und lernen, die assoziative Phase, in der sie Fehler korrigieren und die Fähigkeit verfeinern, und die autonome Phase, in der die Fähigkeit so weit verinnerlicht ist, dass sie fast automatisch ausgeführt werden kann.

17 STEM ist ein Akronym für: Science (gemeint sind nur die Naturwissenschaften), Technology, Engineering, Mathematics.

18 Eine Verbform des Ingenieurwesens gibt es in der deutschen Sprache nicht, weshalb hier stattdessen das ingenieurmäßige Denken und Handeln genannt wird.

logie die Grundlage für die Standards dar, während das ingenieurmäßige Denken und Handeln die Kerngedanken und ausgewählte technische Handlungs- und Denkweisen verbinden und in einen breiteren Bildungskontext stellen.

1.4 Allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy als disziplinärer Integrator

Alle Schulfächer weisen Merkmale auf, die ihre jeweilige Disziplin definieren: Inhalte, erkenntnistheoretische Grundlagen und eine Geschichte der Praxis, einschließlich der Lehrpläne, der Lehre und der Forschung. Diese Merkmale bestimmen den Bildungsprozess, aber die Disziplinen entstehen nicht in einem Vakuum und entwickeln sich nicht isoliert weiter. Literacy ist von Natur aus interdisziplinär. Literacy in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen mag auf den ersten Blick fest in den Naturwissenschaften und der Mathematik verankert sein, aber es gibt auch starke Verbindungen zur Kunst und zu den Geisteswissenschaften. So müssen die Entwicklerinnen und Entwickler von Verkehrsmitteln wie Elektroautos nicht nur die technischen Aspekte dieser Systeme beachten, sondern müssen auch ästhetische Prinzipien (um auf die Nutzenden ansprechend zu wirken), Sicherheitsaspekte, soziale Faktoren, die die Akzeptanz und Annahme des Systems beeinflussen werden, sowie die Kommunikation von Ideen, Plänen und Marketing berücksichtigen. Diese interdisziplinären Verbindungen sind für die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy von entscheidender Bedeutung und stellen ein grundlegendes Element dar, das sich in den Standards wiederfindet.

Das Akronym MINT ist vielleicht der sichtbarste Hinweis auf die interdisziplinären Beziehungen zwischen Technik, Technologie und Ingenieurwesen. Allzu oft ist jedoch das, was als ‚MINT-Literacy‘ gilt, mit einer unausgewogenen Konzentration auf die Naturwissenschaften¹⁹ und die Mathematik ver-

bunden; Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft werden dabei nur am Rande behandelt. Dies ist wahrscheinlich zum Teil darauf zurückzuführen, dass Naturwissenschaften und Mathematik in den meisten Schulen als Kernfächer gelten, während Technik, Technologie und Ingenieurwesen, wenn sie inhaltlich angeboten werden, in der Regel Wahlfächer sind. Außerdem wird durch die ausschließliche Konzentration von Technik auf MINT die Rolle heruntergespielt, die andere Disziplinen für eine erfolgreiche allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy spielen müssen. Die Standards sollen Lehrenden dabei helfen, besser zu verstehen, was allgemeine technische, technologische- und ingenieurwissenschaftliche Literacy ist und wie sie unterrichtet wird, und gleichzeitig die Interdisziplinarität hervorheben, die das Herzstück bildet.

Eine der Herausforderungen bei der Vermittlung eines klaren Verständnisses der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist, dass es sich um ein so breites Feld menschlicher Aktivitäten handelt, das sich ständig verändert und weiterentwickelt. Die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy versuchen, dieses breite Feld in eine Reihe wesentlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen (die acht Kernstandards und die dazugehörigen Zielvorgaben) zu fassen, die in einer Reihe von Kontexten weithin anwendbar sind und übliche technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken einbeziehen. Die Standards konzentrieren sich auf die grundlegenden Fähigkeiten und Kenntnisse und definieren damit ein Niveau, das von allen Lernenden im gesamten Spektrum des allgemeinbildenden schulischen Bereichs erwartet werden kann – analog zu einem bestimmten Niveau sprachlicher, naturwissenschaftlicher und mathematischer Literacy, das üblicherweise erwartet wird. Allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy ist ebenso

¹⁹ In Deutschland auch auf die Informatik.

grundlegend für die erfolgreiche Partizipation an der modernen Welt wie diese anderen Bereiche.

Eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy, die sich mit Produkten, Systemen und Prozessen befasst, die von Menschen entwickelt werden, um Bedürfnisse und Wünsche zu befriedigen, ist einer der wohl umfassendsten Bereiche, der Dutzende von Spezialgebieten umfasst. Diese reichen von Berufsvorbereitung (mit Schwerpunkt zur Vorbereitung auf eine Karriere in bestimmten technischen Bereichen) über Informationstechnologie/Informatik bis hin zu den vielen Teilgebieten des Ingenieurwesens und anderen Bereichen. Die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy, wie sie in den Standards definiert ist, bietet einen effektiven Ausgangspunkt für weiterführenden Schulen in diesem Bereich und dafür, Schülerinnen und Schüler für eine Karriere in diesen spezialisierten Bereichen vorzubereiten. Eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy in der Schule vermittelt aber auch wesentliche grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten für alle Menschen, unabhängig von ihren Ausbildungs- oder Berufswünschen.

Ein wichtiges Merkmal der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist die einzigartige Reihe von Unterrichtsmethoden, die praktisches Entwerfen, Konstruieren und Fertigen im Unterricht und das Engagement der Schülerinnen und Schüler beinhaltet. Diese authentischen Erfahrungen werden oft bei außerschulischen Aktivitäten wie Service-Learning-Projekten²⁰ oder dem Engagement in Organisationen wie der Tech-

nology Student Association (TSA)²¹ gemacht. Zu den außerschulischen Aktivitäten gehören häufig auch die Teilnahme an Konstruktionswettbewerben und technischen Wettbewerben (z. B. VEX Robotics und TEAMS) sowie informelle Lernerfahrungen wie Museumsbesuche. Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Kontexte und Praktiken im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen bieten umfassende Details über die spezifischen pädagogischen Ansätze, die in Lernumgebungen für Technik, Technologie und Ingenieurwesen eingesetzt werden können.

Die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy sind mehr als nur eine Checkliste für die technischen Fakten, Konzepte und Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler in den Technikräumen der Schulen beherrschen sollten. Lehrkräfte im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy, aber auch Kunst-, Sprach-, Geschichts-, Naturwissenschafts-, Mathematik- und andere Pädagogen haben die Aufgabe, allen Schülerinnen und Schülern zu helfen, technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse zu erwerben. Technologie und Technik sind im menschlichen Leben allgegenwärtig, und dies sollte sich in einer breiten Palette von Lehr- und Lernmethoden und den sich daraus ergebenden Lernerfahrungen widerspiegeln. Die Welt ist in ständigem Wandel begriffen, und den Schülerinnen und Schülern müssen das Wissen, die technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse sowie die Bereitschaft vermittelt werden, lebenslang zu lernen und sich an diese Veränderungen anzupassen.

20 Service-Learning ist eine Lehrmethode, die in den USA traditionellen Unterricht mit gemeinnütziger Arbeit verbindet.

21 Im deutschsprachigen Raum könnten damit außerschulische Lernorte gemeint sein.

Überblick über die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieur- wissenschaftliche Literacy

Die Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy zeigen auf systematische Weise, was Schülerinnen und Schüler wissen und können sollten, um ein hohes Maß an allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy zu erreichen. Mit anderen Worten: Die Standards legen fest, was das Ergebnis des Unterrichts in diesem Bereich ab der Vorschule bis zur zwölften Klasse* sein sollte, und bieten so Orientierung für Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte, die ihre Lehrpläne auf lokaler, staatlicher und nationaler Ebene aktualisieren möchten.

TECHNIK UND TECHNOLOGIE ist die Modifikation der natürlichen Umgebung durch vom Menschen entworfene Produkte, Systeme und Prozesse, um Bedürfnisse und Wünsche zu befriedigen.

INGENIEURWISSENSCHAFT ist die Anwendung wissenschaftlicher Prinzipien und mathematischer Berechnung zur Optimierung von Technik und Technologien, um Spezifikationen zu erfüllen, die durch Kriterien unter gegebenen Bedingungen definiert wurden.

Allgemeine TECHNISCHE, TECHNOLOGISCHE UND INGENIEURWISSENSCHAFTLICHE LITERACY ist die Fähigkeit, die vom Menschen gestaltete Umgebung, die das Produkt von Technik, Technologie und Ingenieurwesen ist, zu verstehen, zu nutzen, zu erschaffen und zu bewerten.

* Das US-amerikanische Schulsystem kennt allgemeinbildende Schulen nur bis zur zwölften Klasse.

Die Grundlage für die Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy wurde 1996 mit der Veröffentlichung von „Technology for All Americans: A Rationale and Structure for the Study of Technology“, im Jahr 2000 mit den „Standards for Technological Literacy“ der ITEEA (damals ITEA) und im Jahr 2019 mit den „Standards for Technological Literacy Revision Project: Background, Rationale and Structure“ gelegt. Das Dokument von 2019 bietet einen explorativen Blick auf die Struktur und den Inhalt von Unterricht im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen, und die Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy sind eine Verfeinerung und Ausarbeitung dieser Arbeit.

Das ursprüngliche Dokument „Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology“ (STL) wurde im Jahr 2000 von der International Technology Education Association veröffentlicht. Seitdem haben sich viele Dinge geändert, einschließlich neuer Standards in anderen Disziplinen (z. B. die Standards der International Society for Technology in Education und die Next Generation Science Standards) – ein vergrößerter Fokus auf MINT, Ingenieurwissenschaften und 21st Century Skills (vgl. Partnership for 21st Century Learning, 2019) und die Entwicklung neuer oder aufkommender Technologien. Diese Änderungen führten dazu, dass die STL überarbeitet und in Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy umgewandelt wurden. Wie die ursprünglichen STL sind die Standards für die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy (im Folgenden als STEL bezeichnet²²) kein verbindlicher Lehrplan, sondern eine Beschreibung der Inhalte, die in Lehrplänen ab der Vorschule bis zur Hochschulreife auf regionaler und lokaler Ebene abgedeckt sein sollten. Der größte Unterschied zwischen STL und STEL ist die Reduzierung der Anzahl der Standards

von zwanzig auf acht. Die sieben Standards für die ‚künstliche Welt‘ wurden als Kontexte, in denen die grundlegenden disziplinären Standards und Zielvorgaben unterrichtet werden, neu konzipiert, statt weiter als eigenständige Standards behandelt zu werden.

2.1 Struktur der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Lehrpläne für Technik, Technologie und Ingenieurwesen haben überall auf der Welt unterschiedliche Strukturen und Inhalte. Daher werden Schülerinnen und Schülern, die einen solchen Unterricht in einem Teil der Welt erhalten, möglicherweise nicht die gleichen grundlegenden Informationen vermittelt oder nicht die gleichen grundlegenden Konzepte und Prinzipien beigebracht wie Schülerinnen und Schülern in einer anderen Region, selbst wenn die Unterrichtsbezeichnungen identisch oder ähnlich sind. Die STEL bieten einen konsistenten Satz von Standards für Unterricht im Bereich allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy, der das Lernen von Schülerinnen und Schülern ab der Vorschule bis zur Hochschulreife verbessert, unabhängig davon, wo sie leben oder was ihre zukünftigen Ziele sind. Zum Beispiel können diese grundlegenden disziplinären Standards ebenso gut in einem Robotikkurs in den USA, einem Textildesignunterricht in Neuseeland oder einem Elektronikunterricht in Ägypten angewendet werden. In Kapitel 3 legen die STEL das Basiswissen und die Fähigkeiten fest, die jeder Schüler und jede Schülerin im Unterricht auf vier Ebenen erlernen und erzielen sollte, beginnend mit dem Bereich Vorschule bis zur zweiten Klassenstufe und fortgesetzt mit den Klassenstufen 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12²³. Die Standards und Zielvorgaben sind altersgerecht und so geplant, dass das Material auf jeder Ebene auf den Standards und

22 Diese Bezeichnung wird trotz der Übersetzung in Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy als Eigenname beibehalten.

23 Diese Einteilung entspricht dem US-amerikanischen Schulsystem.

Zielvorgaben der vorhergehenden Klassenstufen aufbaut, diese verfestigt und erweitert.

2.2 Merkmale der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Die STEL wurden mit den folgenden grundlegenden Merkmalen erstellt:

- Sie bieten eine Reihe gemeinsamer Anforderungen für das, was Schülerinnen und Schüler in Technologie- und Technik- oder MINT-Laboren im Rahmen der Dimensionen Wissen, Denken und Handeln lernen sollten.
- Sie sind altersgerecht für Schülerinnen und Schüler.
- Sie bieten eine Grundlage für die Erstellung sinnvoller, relevanter und abgestimmter Curricula auf nationaler, staatlicher/provinzieller und lokaler Ebene.
- Sie fördern interdisziplinäre Verbindungen mit anderen Schulfächern ab der Vorschule bis zur Hochschulreife.

Die STEL sind kein Curriculum. Ein Curriculum enthält genaue Angaben darüber, wie der Inhalt vermittelt werden soll, einschließlich der Organisation, der Ausgewogenheit und der verschiedenen Möglichkeiten der Präsentation des Inhalts im Klassenzimmer, während Standards beschreiben, was der Inhalt sein könnte. Entwicklerinnen und Entwickler von Curricula, Lehrkräfte und andere können die STEL als Leitfaden zur Entwicklung geeigneter Curriculum-Ansätze für eine bestehende Umgebung verwenden. Durch die Darlegung der Grundlagen für die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy stellen die STEL eine Empfehlung von Fachkräften aus den Bereichen Pädagogik, Technik, Ingenieurwesen, Wissenschaft und Mathematik sowie Erziehungsberechtigten, welche Fähigkeiten und Kenntnisse benötigt werden, um technisch, technologisch und ingenieurwissenschaftlich gebildet zu sein dar.

Die STEL schreiben keine Bewertungsverfahren zur Bestimmung, wie gut die Schülerinnen und Schüler die Standards erreichen, vor, obwohl sie – formative wie auch summative – Kriterien für solche Bewertungen bieten. In Bewertungsverfahren wird geprüft, wie gut die Schülerinnen und Schüler die in den STEL vorgelegten Inhalte und Fähigkeiten erlernen. Eng verbunden mit der Bewertung ist, wie gut eine Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler direkt unterrichtet und im Lernprozess anleitet sowie wie viel Unterstützung die Schule und übergeordnete Stellen in dieser Anstrengung geleistet haben. Das Ziel jedes Bildungsbewertungsverfahrens sollte es sein, zu bestimmen, welche Bildungsziele jede Schülerin und jeder Schüler im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ab der Vorschule bis zur Hochschulreife erreicht. Die Bewertung erfolgt in vielen Formen, von täglichen Aufzeichnungen der Arbeiten der Schülerinnen und Schüler über das Anfertigen von Notizen, Interviews, Quiz und Tests, Projekten, Prototypen und Portfolios von Längsschnittaktivitäten im Klassenzimmer bis hin zu standardisierten Tests. Die umfassende Bewertung während der gesamten Schullaufbahn eines Schülers oder einer Schülerin muss geplant, umgesetzt und regelmäßig überwacht/evaluiert werden. Das entwickelte Curriculum und die Bewertungsmethoden sollten, wie bei jedem erfolgreichen Bildungsangebot, den Zielen der adaptierten Standards entsprechen. Schließlich ist bezüglich der Merkmale der STEL darauf hinzuweisen, dass die Leserinnen und Leser in diesem Dokument nur eine minimale Anzahl von Zitaten finden. Diese stilistische Entscheidung wurde getroffen, um die Lesbarkeit des Dokuments zu verbessern. Eine umfassende Bibliografie der bei der Erstellung der STEL verwendeten Referenzen finden Sie jedoch im Anhang C. Die Veröffentlichung „Background, Rationale, and Structure“ von 2019 (Buelin et al., 2019) bietet auch eine vorläufige Literaturübersicht, die durchgeführt wurde, um über die Arbeit an den STEL im Frühsommer 2019, vor der STEL-Überarbeitungskonferenz, zu informieren.

2.3 Grundstruktur der Standards für technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy

Die drei in den STEL verwendeten Spektren bilden, wenn sie im Unterricht und in anderen Bildungs-Aktivitäten eingebettet sind, einen effektiven Rahmen für die Vermittlung allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy. Diese Spektren umfassen die Kernstandards, technische, technologische und ingenieurmäßige Praktiken und entsprechende (Handlungs-) Kontexte (vgl. Abb. 2.1). Diese grafische Darstellung kombiniert die drei Spektren so miteinander, dass sie gedreht werden können, um die Anwendung der Kernstandards in einer Reihe von Kontexten und unter Verwendung einer Vielzahl von Praktiken anzuzeigen und rekombinieren zu können. Die Kernstandards repräsentieren Informationen, Ideen und Prozesse, die alle Kontextbereiche gemeinsam haben. Die acht Kontextbereiche ersetzen die Standards für die technische Welt (im Original: „Designed World Standards“), wie sie in den ursprünglichen STL zu finden waren. Damals wie heute sollen sie die Vielzahl der Bereiche der technischen und technologischen Aktivitäten, in denen Menschen tätig sind, umfassen. Die Beziehung zwischen den Kernstandards und den Kontextbereichen sollte in diesem Dokument offensichtlich sein. Zum Beispiel können die Ideen, Konzepte und Prinzipien, die im Kernstandard „Technikgeschichte“ zu finden sind, verwendet werden, um den Einfluss einer gegebenen Kommunikationstechnologie auf das menschliche Wohlergehen zu verstehen. Die Praktiken beschreiben universelle Methoden und Bezüge, die sowohl in den Kernstandards als auch in den Kontexten angewendet werden können. Zum Beispiel könnten Schülerinnen und Schüler in einem Team „Zusammenarbeit“ die Auswirkungen der Druckerpresse auf den menschlichen Fortschritt analysieren „kritisches Denken“. Einfach ausgedrückt: Die Kernstandards sind allgemein und universell für die acht Technologiekontexte. Schülerinnen und Schüler wenden die acht Praktiken an, um ein Verständnis dieser Standards und Kontexte zu entwickeln.

2.4 Die Kernstandards

Die acht Kernstandards, die in den STEL vorgestellt werden, werden in Kapitel 3 beschrieben. Die Standards umfassen:

1. Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft,
2. Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft,
3. Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren,
4. Technikfolgen,
5. Gesellschaftlicher Einfluss auf technologische Entwicklungen,
6. Technikgeschichte,
7. Gestaltung von Technik und Technologie,
8. Anwenden, Instandhalten und Bewerten technischer Produkte und Systeme.

Wenn sie in Bildungseinrichtungen angewendet werden, leiten diese Standards die Schülerinnen und Schüler an, Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften zu verstehen, mit den Grundbegriffen von Technik-, Technologie- und Ingenieurwissenschaften vertraut zu werden und die Beziehungen zwischen Technik, Technologie, Ingenieurwesen und anderen Studienfeldern zu erkennen. Die STEL untersuchen die Nutzung von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft in einem breiteren Kontext, indem sie erstens die Auswirkungen von Technik auf die menschliche Gesellschaft und die technischen und natürlichen Umgebungen ermitteln, indem sie zweitens erforschen, wie gesellschaftliche Einflüsse technische, technologische und ingenieurmäßige Praktiken bestimmen und indem sie drittens die Technikgeschichte nachzeichnen. Darüber hinaus entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis für Gestaltungs- und Fertigungsprozesse mit einem besonderen Augenmerk auf Gestaltungsrahmen, auf den ingenieurmäßigen Konstruktionsprozess und auf andere Problemlösungsansätze und sie erwerben Fähigkeiten im Entwerfen, Herstellen, Entwickeln, Betreiben, Instandhalten, Managen und Bewerten technologischer Produkte und Systeme.

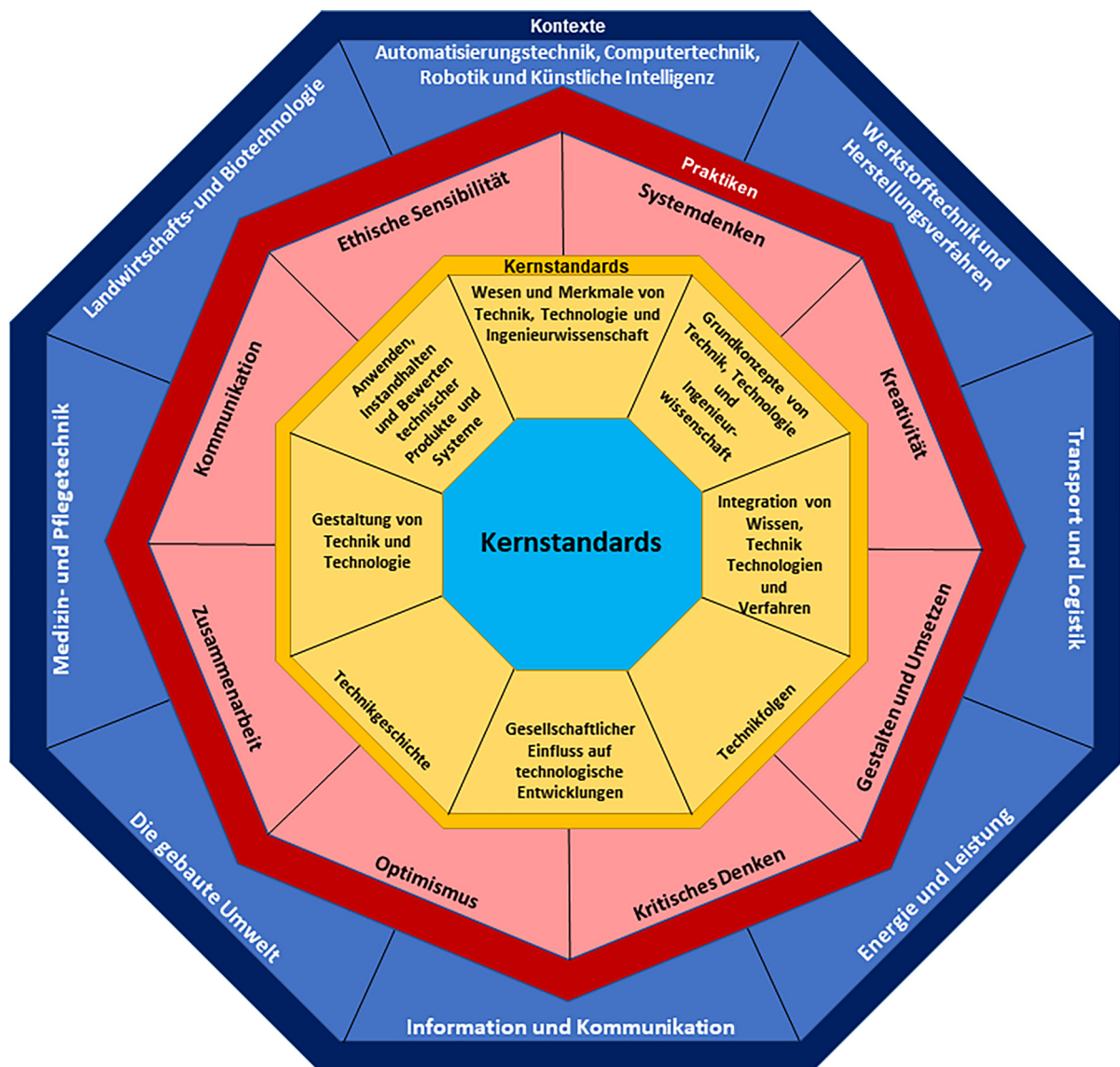


Abb. 2.1: Drei Spektren allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy

Die STEL legen fest, was jede Schülerin und jeder Schüler wissen und können sollte, um technisch, technologisch und ingenieurwissenschaftlich gebildet zu sein, und bieten gleichzeitig Kriterien, um den Fortschritt hin zu einer Vision von technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy für alle Schülerinnen und Schüler zu beurteilen. Insgesamt fallen die acht disziplinären Kernstandards und ihre zugehörigen Zielvorgaben in drei Kategorien: erstens, was Schülerinnen und Schüler über Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft wissen und

verstehen und zweitens, was sie anwenden können sollten. Hinzu kommen drittens ihre Einstellungen gegenüber Technologie und Ingenieurwesen. Die erste Kategorie, die kognitiven Zielvorgaben, legt das grundlegende Wissen über Technik fest (wie sie funktioniert und welchen Platz sie in der Welt hat), das die Schülerinnen und Schüler aufweisen sollten, um technisch, technologisch und ingenieurwissenschaftlich gebildet zu sein. Die zweite Kategorie, die als Prozess-Zielvorgabe bezeichnet werden kann, beschreibt die psychomotorischen, organisatori-

schen und verfahrenstechnischen Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler haben sollten. Die dritte Zielvorgabekategorie fällt in den affektiven Bereich und beschreibt, wie die Schülerinnen und Schüler Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft aufnehmen, darauf reagieren, sie wertschätzen, organisieren und charakterisieren. Die drei Arten von Zielvorgaben ergänzen sich gegenseitig. Zum Beispiel kann einem Schüler oder einer Schülerin etwas über Konstruktionsprozesse beigebracht werden, aber die Fähigkeit, selbst etwas zu konstruieren und das Wissen zur Entwicklung einer Lösung anzuwenden, wird erst durch praktische Erfahrungen vollständig entwickelt. Analog dazu ist es schwierig, einen Konstruktionsprozess effektiv durchzuführen, ohne über ein gewisses theoretisches Wissen bezüglich technischer Parameter der Herausforderung bei der Konstruktion zu verfügen. Erfolg im Konstruieren kann auf Motivation und Beharrlichkeit zurückgeführt werden, die mit dem affektiven Bereich verbunden sind.

2.5 Format der Kernstandards

Jeder Kernstandard folgt diesem Format:

- Die Nummer und der Titel des Standards werden angegeben.
- Es folgt eine Beschreibung, die die Absicht des Standards erklärt. Schlüsselideen für jeden Standard werden in Fettschrift dargestellt.
- Als Nächstes wird Unterrichtsmaterial für die Klassenstufen PreK²⁴ – 2, 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12 präsentiert. Für jede Altersgruppe erklärt eine Beschreibung den Standard und gibt Vorschläge, wie der Standard im Unterrichtsraum für diese Altersgruppe umgesetzt werden kann.
- Jedem Überblick über die Altersgruppen folgt eine Reihe von Zielvorgaben, die das spezielle Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen, die die Schülerinnen und Schüler erlangen müssen, um den Standard zu erfüllen, im Detail darstellen. Jede Zielvorgabe beginnt mit einem Operator, der mit dem kognitiven, psychomotorischen oder

affektiven Bereich verknüpft ist. Jede Zielvorgabe wird weiter durch Erläuterungen erklärt, die Beispiele und zusätzliche Details enthalten.

2.6 Zielvorgaben

Die Zielvorgaben in den STEL identifizieren die grundlegenden Bestandteile für die weit gefassten Standards. Die Zielvorgaben beschreiben Ziele, die das Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen skizzieren, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, die jeweiligen Standards auf den Klassenstufen PreK–2, 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12 zu erreichen. Die Zielvorgaben beginnen mit einem Operator, werden durch eine alphabetische Auflistung (d. h. A, B, C) identifiziert und sind durch Fettdruck hervorgehoben. Darauf folgen unterstützende Erklärungen, die weitere Details, Klarheit und Beispiele liefern. Die Zielvorgaben beschreiben, was erforderlich ist, damit die Schülerinnen und Schüler jeden Standard erfüllen können.

Forschungen im Bildungsbereich haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler dann ein kohärentes und gründlicheres Verständnis von Konzepten und Prozessen erwerben, wenn auf bereits erlerntes Wissen zurückgegriffen und darauf aufgebaut wird, als wenn sie als isolierte Abstraktionen gelehrt werden (vgl. National Research Council, 2012). Mit diesem Gedanken sind die STEL-Zielvorgaben ab den Klassenstufen PreK–2 bis 9 bis 12 formuliert, wobei sie von sehr grundlegenden Ideen auf der Vorschulebene zu komplexeren und umfassenderen Ideen auf der Ebene weiterführender Schulen fortschreiten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Operatoren in den Zielvorgaben für PreK–2 nur auf den unteren Ebenen im kognitiven Bereich gelten. Darüber hinaus erstrecken sich bestimmte Konzepte, die in den Zielvorgaben beschrieben werden, über die Klassenstufen hinweg, um ein vollständigeres Lernen eines wichtigen Themas in Bezug auf einen Standard zu gewährleisten.

24 PreK bedeutet Pre-Kindergarten und meint Literacy-Angebote vor der allgemeinen Schul-Literacy.

Die Standards und Zielvorgaben wurden geschaffen, um Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zu einer allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy zu unterstützen. Bei der Entwicklung der STEL herangezogene Ressourcen umfassen Standards aus anderen Fachbereichen, z. B. die Next Generation Science Standards (vgl. NGSS Lead States, 2013b), Standards für mathematische Praxis (vgl. Common Core State Standards Initiative, 2019), Kriterien für die Akkreditierung von Ingenieurstudiengängen (vgl. Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2016) und andere.

2.7 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken

Die im Kapitel 4 detailliert aufgeführten Technologie- und Ingenieurpraktiken wurden von den 21st Century Skills (vgl. Partnership for 21st Century Learning, 2019) und aus Forschungen zu Ingenieurdenkweisen (vgl. z. B. National Academy of Engineering, 2019b) adaptiert. Das Ergebnis ist eine auf Schülerinnen und Schüler fokussierte Menge von Praktiken, die das Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen widerspiegelt, die Schülerinnen und Schüler benötigen, um die Kernstandards in den verschiedenen Kontextbereichen erfolgreich anzuwenden.

Die acht technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken, die in Kapitel 4 behandelt werden, sind:

1. Systemdenken,
2. Kreativität,
3. Gestalten und Umsetzen,
4. kritisches Denken,
5. Optimismus,
6. Zusammenarbeit,
7. Kommunikation,
8. Ethische Sensibilität.

Systemdenken bezieht sich auf ein ganzheitliches Verständnis, nach dem alle Technologien aus miteinander verbundenen Teilen bestehen und in größere Systeme (z. B. Ökosysteme) eingebettet sind, die Einschränkungen für sie darstellen. Es beinhaltet auch das Verständnis des universellen Systemmodells, das Technologien in Bezug auf ihre Eingaben, Prozesse, Ausgaben und Feedbackmechanismen beschreibt. **Kreativität** ist der Einsatz von Untersuchung, Vorstellungskraft, innovativem Denken und physischen Fähigkeiten zur Erreichung von Zielen, unter anderem von Zielen beim Konstruieren von Technik. **Gestalten und Umsetzen** sind der Kern dessen, was Technologie und Ingenieurwesen von anderen Feldern unterscheidet. Schülerinnen und Schüler im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy entwerfen und bauen technologische Produkte und Systeme. Dies kann mit Computerprogrammen, praktischen Werkzeugen oder anderen Methoden erfolgen und umfasst in den meisten Fällen eine Form des „kines-
thetic learning“²⁵. **Kritisches Denken** beinhaltet logisches Denken, Argumentation und Hinterfragen im Prozess der informierten Entscheidungsfindung.

Optimismus bedeutet im Kontext von grundlegender allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy, überzeugt zu sein, dass Technologien verbessert werden können, und das Selbstverständnis zu besitzen, durch Experimentieren, Modellierung und Anpassung bessere Lösungen für technische Probleme zu finden. Dies spiegelt auch eine positive Sichtweise wider, aus der in jeder Herausforderung Möglichkeiten gesehen werden. **Zusammenarbeit** bedeutet, die Perspektiven, die Bereitschaft und die Fähigkeiten zu haben, als Teil eines Teams zu arbeiten, in dem die Beiträge aller Mitglieder geschätzt werden. **Kommunikation** in der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy kann auf zwei Arten betrachtet werden: als Werkzeug, das

25 Eine deutsche Entsprechung gibt es dazu nicht; die Idee stammt aus den Theorien zu multiplen Intelligenzen von Howard Gardner. Unabhängig von der kritischen Einordnung dieser Thesen wird hier davon ausgegangen, dass eine Form des Lernens beim praktischen Arbeiten gemeint ist.

verwendet wird, um die Wünsche und Bedürfnisse der intendierten Benutzer oder der Gemeinschaft zu verstehen, und als Mittel, um Entscheidungen im Gestaltungsprozess zu erklären und zu verteidigen. Kommunikation wird in der Problemformulierung, Forschung, Berichterstattung, Analyse, Bewertung und Lösungserstellung gebraucht und eingesetzt. Die *ethische Sensibilität* ist der Kern des Zusammenlebens in der Gesellschaft. In der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy bedeutet die Beachtung der Ethik, sich der Auswirkungen technologischer Produkte, Systeme und Prozesse auf andere und die Umwelt bewusst zu sein. Schülerinnen und Schüler sollten Risiken bewerten und Abwägungen in ihrer Entscheidungsfindung berücksichtigen.

2.8 Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Kontexte

In Kapitel 5 werden die acht Kontexte identifiziert, die für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy typisch sind. Diese könnten auch als Inhaltsbereiche, Anwendungen oder disziplinäre Themen betrachtet werden. Die in den STEL dargestellten Technologie- und Ingenieurkontexte beschreiben die Themengebiete, in denen die grundlegenden fachlichen Standards und Zielvorgaben unterrichtet oder angewendet werden. Zum Beispiel könnte ein Robotikkurs in der Sekundarstufe in den USA eine Unterrichtseinheit beinhalten, die auf Standard 1, Zielvorgabe 1Q abgestimmt ist: Die Schülerinnen und Schüler sollen erforschen, welche Erfindungen und Innovationen (im genannten Bereich) spezifische Wünsche und Bedürfnisse ansprechen. Diese gleiche Zielvorgabe könnte in anderen Unterrichtssettings oder sogar in anderen Schulformen oder außerschulischen Lernorten unterrichtet werden. In diesem Beispiel würden der Standard und die Zielvorgabe innerhalb von ‚Kontext 1: Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und künstliche Intelligenz‘ eingruppiert werden.

Die Beschreibung liefert für jeden der acht inhaltlichen Kontexte eine Erläuterung, konzeptuelle Verständnisse und einen Überblick über mögliche Einstellungen. Ebenfalls enthalten sind kurze Beispiele dafür, wie Schülerinnen und Schüler in jeder Altersstufe spezifische disziplinäre Zielvorgaben aus Kapitel 3 innerhalb des Kontextes in den Unterricht einbringen könnten. Diese kurzen Beispiele sollen veranschaulichen, wie die STEL in Bildungsangeboten umgesetzt werden können. Weitere Arbeiten an der Implementierung müssen von Lehrplanverantwortlichen (einschließlich ITEEAs STEM Center for Teaching and Learning™) und Lehrkräften durchgeführt werden, um die STEL in Lehrpläne und Unterrichtsmaterialien für verschiedene Bildungseinrichtungen zu adaptieren.

Die acht Technologie- und Ingenieurkontexte sind:

1. Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und künstliche Intelligenz,
2. Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren,
3. Verkehr und Logistik,
4. Energie und Leistung,
5. Information und Kommunikation,
6. die gebaute Umwelt,
7. Medizin- und Pflorgetechnik,
8. Landwirtschafts- und Biotechnologie.

2.9 Hauptnutzende der Standards für technologische und ingenieurtechnische Praktik

Die STEL sind für verschiedene Zielgruppen von Interesse, vor allem für die Entwicklerinnen und Entwickler von Curricula und Lehrplänen, Schulbuchverlage und Anbieter von Werkstatteinrichtungen. In der Lehrkräfteausbildung kann das Dokument bei der Gestaltung der Vorbereitungsdienste für zukünftige Lehrkräfte in diesem Bereich verwendet werden. Anbieter von Weiterbildungs- und Zertifizierungsmaßnahmen könnten die Standards bei der Entwicklung von Prüfungen für Lehrkräfte in diesem Bereich hilfreich finden. Letztendlich liegt es an den Lehrkräften, ob die STEL erfolgreich angewendet werden.

Weitere Nutzerinnen und Nutzer der STEL werden Schulbehörden, Schulleiter und andere Administratoren, Lehrplankoordinatoren sowie Ausbildungsleiter sein, die alle Teil der Planung, Überwachung und Durchführung formeller Bildungsangebote sind. Professionelle und nichtstaatliche Organisationen wie die „National Academies“, das „National Assessment Governing Board“ (NAEP TEL) und die „Organisation for Economic Cooperation and Development“ (OECD PISA) können dieses Dokument konsultieren, wenn sie ihre Bewertungsmaßstäbe der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy aktualisieren. Darüber hinaus können Eltern sich mit dem Dokument vertraut machen, um sich in die Bildung ihrer Kinder einzubringen und die unterrichteten Konzepte und Prozesse zu verstärken. Eltern, die Kinder von zu Hause aus unterrichten²⁶, können STEL in ihren Unterricht einbeziehen.

2.10 Empfehlungen für die Verwendung der Standards für technologische und ingenieurtechnische Praktiken

Personen, die an der Lehrplanentwicklung, dem Unterricht oder der Leistungskontrolle beteiligt sind, sollten die folgenden Empfehlungen berücksichtigen:

- Die STEL, in ihrer Gesamtheit genommen, sollen ein umfassendes Bild der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy liefern. Für eine optimale Literacy sollten Schülerinnen und Schüler bei ihrem Abschluss alle Standards erfüllen.
- Die Zielvorgaben spezifizieren, wie Schülerinnen und Schüler auf eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy hinarbeiten und was sie wissen und tun müssen, um die Standards zu erfüllen.
- Die Standards sollten aufeinander abgestimmt und nicht als separate Teile verstanden werden.

- Die STEL sollten in das Curriculum jeder Klassenstufe einbezogen werden, insbesondere in bestehende Technikunterrichte, aber auch in andere Fachbereiche, soweit dies angemessen ist (z. B. in den naturwissenschaftlichen Unterricht im Grundschulbereich). Lehrkräfte sollten mit den Standards für die Klassenstufen vor und nach der Klassenstufe, in der sie unterrichten, vertraut sein.
- Die STEL sollten in Verbindung mit anderen nationalen, staatlichen, regionalen und lokal entwickelten Standards in der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy und verwandten Unterrichtsfächern angewendet werden.
- Schulen sollten damit beginnen, eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy im Bereich PreK–12 für alle Schülerinnen und Schüler zu entwickeln.

Eine Vielzahl von Ressourcen, einschließlich Unterrichtsmaterialien, Lehrbücher, Ausstattung und Lernkits zur Unterstützung der Lehrkraft, ist notwendig, um die Umsetzung der STEL zu unterstützen. Diese Ressourcen sollten altersgerecht, geschlechtsneutral formuliert, inhaltlich anspruchsvoll, mit einem klar bezeichneten Geltungsbereich und an eine oder mehrere der vier Klassenstufen (PreK–2, 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12) adressiert sein, um möglichst wirksam zu sein. Diese Ressourcen sollten an den technologischen Wandel angepasst werden können, verschiedene Unterrichtsmethoden einschließen und Differenzierungsmöglichkeiten bieten, um Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Fähigkeiten zu berücksichtigen; sie sollten zudem Erfahrungen und Aktivitäten bieten, die das authentische Lernen fordern und fördern, einschließlich problemorientierten Lernens; und sie sollten verschiedene Methoden der Bewertung einbeziehen, um den umfassenden Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler abzubilden.

26 Diese Art des Unterrichts ist im deutschsprachigen Raum unüblich und wird hier nur der Vollständigkeit der Übersetzung halber angeführt.

2.11 Die Standards und MINT-Kooperationen

Das Akronym MINT bezieht sich nicht auf einen einheitlichen Inhaltsbereich. Die STEL gehen jedoch davon aus, dass der mit ‚MINT‘ vorgeschlagene integrierte Ansatz wichtig und möglicherweise notwendig ist, um die Art von Literacy zu erreichen, die zur Lösung der drängenden gesellschaftlichen Bedürfnisse erforderlich ist. Die STEL erkennen weiterhin an, dass Technik, Technologie und Ingenieurwesen entscheidend für den MINT-Bereich sind und innerhalb von MINT besser artikuliert werden müssen. Die ITEEA hat in Zusammenarbeit mit „Advance CTE“, der „Association of State Supervisors of Mathematics“ und dem „Council of State Science Supervisors“ das Dokument „The Power of Collaboration for Change“ verfasst. Darin werden drei Prinzipien formuliert, die die MINT-Literacy antreiben sollten:

1. **MINT-Literacy sollte das Lernen jeder einzelnen MINT-Disziplin fördern.** Dieses Prinzip ermöglicht die Integrität des Lernens der individuellen disziplinären Konzepte auch innerhalb integrativer MINT-Literacy. Inhalte aus jeder Disziplin werden angeboten, ohne ihre grundlegende Struktur, ihren Zweck oder ihren Anspruch zu verändern.
2. **MINT-Literacy sollte logische und authentische Verbindungen zwischen den einzelnen MINT-Disziplinen und über diese hinaus bereitstellen.** Die akademischen Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik enthalten natürliche, kohärente Verbindungen für Schülerinnen und Schüler aller Altersgruppen. Insbesondere Technik dient als Mittel, um diese kohärenten Verbindungen hervorzuheben und sich mit dem kreativen Denken und Problemlösen zu beschäftigen, das von authentischen, realen Szenarien gefordert wird. Alle Disziplinen arbeiten zusammen, wenn Schülerinnen und Schüler sich mit Gestaltungsherausforderungen, Laborerfahrungen und Aufgaben auseinandersetzen, die die disziplinären Konzepte integrieren.
3. **MINT-Literacy sollte als Brücke zu MINT-Karrieren dienen.** Das Interesse und das Selbstvertrauen der Schülerinnen und Schüler im Bereich MINT korreliert stark mit dem nachschulischen Erfolg in MINT-Feldern. Berufsorientierung sollte ein Schlüsselement der MINT-Literacy sein. Zum Beispiel können sinnstiftende Treffen mit Branchenexperten und authentische Erfahrungen in MINT-Arbeitsplätzen den Schülerinnen und Schülern helfen, Verbindungen zu akademischen Inhalten herzustellen und ihre MINT-bezogenen Interessen zu erkunden.

Kernstandards

Die acht zentralen inhaltlichen Kernstandards und 142 Zielvorgaben sind die entscheidenden Bestimmungen dessen, was alle Schülerinnen und Schüler im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy beherrschen sollten.



3

Die acht in diesem Kapitel vorgestellten disziplinären Kernstandards umfassen:

1. Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft,
2. Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft,
3. Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren,
4. Technikfolgen,
5. Gesellschaftlicher Einfluss auf technologische Entwicklungen,
6. Technikgeschichte,
7. Gestaltung von Technik und Technologie,
8. Anwenden, Instandhalten und Bewerten technischer Produkte und Systeme.

Das Format der einzelnen Standards folgt dieser Struktur:

- Der Kernstandard wird jeweils zunächst formuliert.
- Es folgt eine Beschreibung, die die Absicht und die Grundgedanken des Kernstandards verdeutlicht. Grundgedanken sind innerhalb des Texts fett gedruckt.
- Das Material wird nach Klassenstufen unterteilt präsentiert: PreK–2, 3 bis 5, 6 bis 8, und 9 bis 12. Unter jeder Klassenstufe befindet sich eine kurze Erläuterung des Standards für diese Klassenstufe mit Vorschlägen, wie der Standard im Klassenzimmer umgesetzt werden kann.
- Auf die Übersicht über die einzelnen Klassenstufen folgt eine Reihe von Zielvorgaben, in denen die Kenntnisse und Fähigkeiten beschrieben werden, die die Schülerinnen und Schüler erwerben müssen, um den Standard zu erfüllen. Jede Zielvorgabe beginnt mit einem Operator, das mit dem kognitiven, affektiven oder psychomotorischen Bereich verknüpft ist.

Die STEL-Zielvorgaben liefern die wesentlichen inhaltlichen Elemente für die Standards. Bei den Zielvorgaben handelt es sich um Ziele, die das Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen definieren, die zur Erfüllung der jeweiligen Standards

in den Klassenstufen PreK–2, 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12 erforderlich sind. Die Zielvorgaben sind gekennzeichnet durch eine alphanumerische Auflistung (z. B. STEL-1A, STEL-6B, STEL-7C) und werden durch Fettdruck hervorgehoben. Es folgen Erläuterungen (nicht fett gedruckt), in denen näher ausgeführt wird, wie die Zielvorgaben umgesetzt werden können, damit Schülerinnen und Schüler die Standards erfüllen.

3.1 Standard 1: Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft

Die Begriffe Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft haben viele Bedeutungen und Konnotationen, von denen einige im ersten Kapitel definiert und erläutert wurden. Um eine Grundlage für den Unterricht in diesem Bereich zu schaffen, müssen die Schülerinnen und Schüler zunächst ein Verständnis für das Wesen und die Merkmale dieser Disziplinen entwickeln. Diese grundlegenden Kenntnisse können dann erweitert werden, um das Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen zu entwickeln, die mit der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy verbunden sind. Drei Schlüsselbegriffe verdeutlichen das Wesen und die Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Schlüsselbegriffe, wobei sie mit steigender Klassenstufe immer spezifischer und komplexer werden. Der erste Grundgedanke ist, dass das **Lernen von Inhalten allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy Kenntnisse über die natürliche und die vom Menschen geschaffene Welt erfordert**. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass es Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen der natürlichen Welt und der vom Menschen geschaffenen Welt gibt und dass Veränderungen in der einen Welt beabsichtigte und unbeabsichtigte Auswirkungen auf die andere oder beide haben können. Ein festes Verständnis dieser ersten Schlüsselidee führt zu fortgeschrittenen Konzepten wie dem Entwickeln von Ideen mittels Nachahmung der Natur (Bionik)

und dem Entwickeln von Ideen für und mit mehr Nachhaltigkeit. Ein zweiter Grundgedanke ist, dass **Lernen von Inhalten allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy als Tätigkeit interdisziplinär ist**. Zwischen Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik wurden viele Verbindungen hergestellt. Jede Disziplin bringt jedoch einzigartige Merkmale in die MINT-Literacy ein:

- **Technik und Technologie** ist die Modifikation der natürlichen Umgebung durch vom Menschen entworfene Produkte, Systeme und Prozesse, um Bedürfnisse und Wünsche zu befriedigen.
- **Ingenieurwissenschaft** ist die Anwendung wissenschaftlicher Prinzipien und mathematischer Berechnung zur Optimierung von Technik und Technologien, um Spezifikationen zu erfüllen, die unter gegebenen Bedingungen durch Kriterien definiert wurden.
- **Die Wissenschaft** umfasst die Erforschung und das Verständnis der Welt.
- **Mathematik** ermöglicht Kommunikation und kritische Analyse und ist die Art und Weise, wie die menschliche und natürliche Welt mithilfe von Zahlen und rechnerischen Überlegungen begreifbar gemacht wird.

Lernen von Inhalten allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy ist gestützt auf Wissen, Werkzeuge und Prozesse aus allen Bereichen der menschlichen Erfahrung. Dies kann sich auf die Prozesse beziehen, durch die Wissen erlangt wird und durch die technologische Produkte und Systeme geschaffen werden. Der Begriff kann auch sehr weit gefasst werden und sich auf ein ganzes System von Produkten, Wissen, Menschen, Organisationen, Vorschriften und sozialen Strukturen beziehen (z. B. die Technologie des Stromnetzes oder die Gesamtheit des Internets). Obwohl sie einige einzigartige Merkmale aufweisen, ähneln die in der Technik, der Technologie und im Ingenieurwesen verwendeten Entwurfsprozesse den in anderen Disziplinen eingebetteten Entdeckungs- und Entwurfsprozessen.

In der wissenschaftlichen Ausbildung wird der Begriff ‚wissenschaftliche Methode‘ traditionell zur Beschreibung eines linearen Prozesses mit einer vorgeschriebenen Reihe von Schritten verwendet, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Untersuchung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen von Phänomenen in der natürlichen Welt befolgen. Auf naturwissenschaftlichen Unterricht reduziert kann diese Vorgehensweise Schülerinnen und Schülern eine Plattform für schülerzentrierte Ansätze zur Untersuchung von Phänomenen in der natürlichen Welt sein. Die Schülerinnen und Schüler formulieren Fragen und entwickeln Methoden, um ihre aufgestellten Hypothesen zu testen. Dieser Ansatz entfernt sich von der wissenschaftlichen Methode, die oft lineare Ansätze für Laboruntersuchungen verwendet (manchmal als ‚Kochbuch‘-Wissenschaft bezeichnet). Neuere Forschungen und die Praxis im naturwissenschaftlichen Unterricht haben gezeigt, dass wissenschaftliche Untersuchungen, ähnlich wie Konstruktionsprozesse in Technik und Ingenieurwesen, keine linearen Prozesse sind. Teile der wissenschaftlichen Untersuchung wurden als progressiver Prozess neu konzeptualisiert, der die Praxis von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in diesem Bereich genauer widerspiegelt und Elemente des Entwurfsprozesses enthält, wie sie in der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy zu finden sind.

Im Mathematikunterricht werden Methoden wie quantitatives und abstraktes Denken, Modellierung von Systemen, Suche nach Mustern und Strukturen zum Erkennen und tragfähige Argumente entwickelt, die es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, mathematische Phänomene zu kommunizieren und zu analysieren. Darüber hinaus tragen mathematische Prozesse zum Kommunizieren und Analysieren von Phänomenen bei. Diese Prozesse umfassen Problemlösung, Argumentation und Beweise, Kommunikation, Verbindungen und Darstellungen. In der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist der Entwurfsprozess seit langem ein iterativer Prozess, bei dem die Schülerinnen und Schüler in rekursiver Weise entwerfen, testen und neu entwerfen,

was oft zu einer Vielzahl potenzieller Lösungen führt. Modelle für Technik werden häufig an die Klassenstufe und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler angepasst. Diese Modelle bieten eine Blaupause, die den Schülerinnen und Schülern hilft, Inhalte aus verschiedenen Disziplinen zu integrieren und gleichzeitig Probleme im Zusammenhang mit der natürlichen und vom Menschen geschaffenen Umwelt zu lösen. Allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy ist jedoch mehr als Konstruieren; sie umfasst den Einsatz von Werkzeugen, die Entwicklung und Instandhaltung technologischer Systeme sowie Innovation und Analyse technologischer Entwicklungen, um nur einige zu nennen.

Ein dritter Grundgedanke ist, dass **eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy die Fähigkeit beinhaltet, technologische Produkte, Systeme und Denkweisen zu verstehen, zu nutzen, zu bewerten und herzustellen**. Als Ergebnis ihres Wissens und ihrer Innovationen haben die Menschen die Welt so verändert, dass sie sowohl Notwendigkeiten als auch Annehmlichkeiten bietet. Ein technisch, technologisch und ingenieurwissenschaftlich gebildeter Mensch versteht die Bedeutung von Technik, Technologie und Ingenieurwesen im täglichen Leben. Im Laufe der Geschichte hat die Veränderung der natürlichen Welt verschiedene Formen angenommen. Das Verständnis dieser Formen kann zu einem besseren Wissen über Innovationen führen.

Klassenstufen PreK–2

Ab dem Kindergarten bis zum zweiten Schuljahr beginnen Kleinkinder, zu verstehen, dass Menschen Technik nutzen, um die natürliche Welt so anzupassen, dass sie den menschlichen Bedürfnissen und Wünschen entspricht. Sie beginnen auch, zu erkennen, dass die Naturwissenschaft sich auf die natürliche Welt und die Technikwissenschaft sich auf die vom Menschen geschaffene Welt bezieht, und stellen die Unterschiede zwischen ihnen fest. Sie lernen den sicheren Umgang mit altersgerechten Werkzeugen (Schere, Bleistift, Lineal),

Materialien (Plastik, Holz, Kleber) und Prozessen (verbessern, erschaffen, vorstellen) und beginnen, zu erkunden, wie Technik, Technologie, Wissenschaft, Mathematik und das Ingenieurwesen ihre Welt geformt haben. Technische, technologische, naturwissenschaftliche, mathematische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken sollten schon in jungen Jahren gefördert werden; Kinder sind natürliche Problemlöser.

Kleine Kinder sind sich der Welt, in der sie leben, bewusst, aber sie kennen in der Regel nicht die Ursprünge der Technologien, denen sie begegnen. Zum Beispiel verstehen die Schülerinnen und Schüler vielleicht nicht, wie die Lebensmittel, die sie essen, angebaut, transportiert und verarbeitet werden. Indem sie lernen, wie technologische Systeme wie Gebäude, Autobahnen, Telefone und Computer die natürliche Welt verändert haben, können die Schülerinnen und Schüler beginnen, den großen Einfluss der Technologie auf ihr Leben zu verstehen.

Um ihr Verständnis für das Wesen und die Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-1A. Vergleiche die natürliche Welt mit der vom Menschen geschaffenen Welt.** Zur natürlichen Welt gehören Bäume, Pflanzen, Tiere, Flüsse, Ozeane, Berge und andere Elemente, die die Landschaft, die Biome und das Klima der Erde ausmachen. Zur vom Menschen geschaffenen Welt gehören Bleistifte, Lineale, Computer, Gebäude, Flugzeuge, Straßen, Kühlschränke, Kommunikationsgeräte und andere Dinge, die zum Wohle der Menschen entwickelt wurden.
- **STEL-1B. Erläutere die Werkzeuge und Techniken, die der Mensch einsetzt, um etwas zu erreichen.** Durch den Einsatz von Technologie und Technik passen die Menschen die natürliche Welt an, um ihre Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen und um Probleme zu lösen. Alle Menschen nutzen Werkzeuge und Verfahren,

die durch Technik, Technologie und Ingenieurwesen geschaffen wurden, in jedem Aspekt ihrer täglichen Aufgaben.

- **STEL-1C. Zeige, dass jeder selbst etwas erschaffen kann.** Mithilfe von Technologie, Werkzeugen und entsprechenden Techniken lassen sich Objekte entwerfen oder optimieren, um das eigene Leben zu verbessern. Die Schaffung neuen Wissens und neuer Ansätze sowie neue Erfindungen können entweder durch individuelle oder durch gemeinschaftliche Anstrengungen entstehen. Schon kleine Kinder können sich als Schöpfer sehen.
- **STEL-1D. Diskutiere die Rolle von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern und anderen, die mit Technik arbeiten.** Technologischer Fortschritt ist ohne die Zusammenarbeit vieler Menschen, die über Kenntnisse und Fähigkeiten in verschiedenen Bereichen verfügen, nicht möglich. Die Fähigkeit, die einzigartigen Beiträge jedes Individuums zu erkennen, ist ein notwendiger Bestandteil des technologischen Entwicklungsprozesses. Kleine Kinder können ein Verständnis dafür entwickeln, wie Menschen mit unterschiedlichen Fachkenntnissen zusammenarbeiten können, um ein Produkt oder System zu entwerfen, zu erstellen, zu bauen und zu testen. Analogien funktionieren bei Schülerinnen und Schülern dieser Klassenstufe oft gut. Sie können z. B. verstehen, wie ein Fahrzeug bei einem Händler gekauft, von einem Mechaniker in einem Servicecenter gewartet und von einem Familienmitglied gefahren wird. Alle diese Personen haben etwas mit dem Fahrzeug zu tun, aber jede auf ihre eigene Weise.

Klassenstufen 3 bis 5

In diesen Klassenstufen sollte das Lernen im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy auf den bisherigen Kenntnissen aufbauen, indem es das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für die

nützlichen Anwendungen der Technik verbessert. Während die Schülerinnen und Schüler ein klares Verständnis von der natürlichen und der vom Menschen geschaffenen Welt entwickeln, werden sie auch ein Gefühl für die Beziehung zwischen Technologie, Ingenieurwesen, Naturwissenschaft und Mathematik bekommen.

Wenn Schülerinnen und Schüler verschiedene Technologien entwerfen, herstellen oder verwenden, sollten sie erkennen, dass unterschiedliche Verfahren und Techniken zum Einsatz kommen. Die Lehrkräfte sollten den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geben, eine Vielzahl von Erfahrungen zu machen, um je nach Situation und Bedarf die besten Strategien für die Ausführung von Aufgaben besser zu verstehen.

Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufe sollten weiterhin Lösungen für Herausforderungen entwickeln. Diese Herausforderungen sollten sich aus ihrem Verständnis von der Welt ergeben – sowohl in ihren lokalen Umfeld als auch in der breiteren, globalen Gemeinschaft. Die Schülerinnen und Schüler sollten eine Verbindung zur Lösung von Problemen, die sie sehen, entwickeln und wissen, dass sie mithilfe von Technologie und entsprechenden Verfahren Lösungen für die Herausforderungen, die sie um sich herum sehen, entwerfen, bauen und verbessern können.

Darüber hinaus sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 untersuchen, wie sich die Wahrnehmung der Welt durch den technologischen Fortschritt verändert hat. Die Schülerinnen und Schüler können z. B. untersuchen, wie die Medien es uns ermöglicht haben, Geschichten und Nachrichten aus allen Teilen der Welt zu sehen, wie Transportsysteme es erlauben, ein ganzes Land in wenigen Stunden zu durchqueren, und wie die Menschen es Informationssystemen verdanken, dass sie Informationen fast augenblicklich erhalten können. Die technologische Entwicklung wird durch wirtschaftliche und kulturelle Einflüsse geprägt. Mit dem Aufkommen neuer Technologien und der Befriedigung bestimmter Anforderungen

ändern sich die Bedürfnisse der Menschen, neue Ideen und Innovationen entstehen (ein sich wiederholender Zyklus). Dieses ständige Bemühen um die Verbesserung von Produkten und Systemen bedeutet, dass sich Technologien ständig verändern.

Um ihr Verständnis für das Wesen und die Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-1E. Vergleiche, wie sich Dinge, die in der Natur vorkommen, von Dingen unterscheiden, die vom Menschen geschaffen wurden, und stelle Unterschiede und Gemeinsamkeiten fest, wie sie produziert und verwendet werden.** So sind z. B. die Grundvoraussetzungen für das natürliche Pflanzenwachstum Sonnenstrahlung (Photosynthese), Luft, Wasser und Nährstoffe, wohingegen vom Menschen hergestellte Dinge eine Idee, Ressourcen (z. B. Zeit, Geld, Materialien und Maschinen) und Techniken erfordern. In der Natur vorkommende Dinge wie Bäume, Vögel und Wildblumen erfordern kein menschliches Eingreifen. Dagegen erfordert die Herstellung von Produkten, die von Menschenhand geschaffen wurden, z. B. Schuhe, menschlichen Einsatz und Innovationskraft.
- **STEL-1F. Beschreibe die einzigartige Beziehung zwischen Wissenschaft und Technologie und wie die natürliche Welt zur Förderung von Innovationen in der vom Menschen geschaffenen Welt beitragen kann.** Menschen haben sich von Anfang an umgesehen, um die verfügbaren Materialien und Ressourcen zu erkennen und zu nutzen, um ihr Leben zu verbessern. Rohstoffe und Ressourcen werden zu Werkzeugen, Systemen und Energie verarbeitet, um Menschen mit Produkten zu versorgen, die einen Bedarf oder einen Wunsch erfüllen. Energie wird genutzt, um Strom und Wärme zu erzeugen, und Tiere und Feldfrüchte werden für Nahrung und Kleidung gezüchtet. Diese und andere Prozesse werden auch heute noch fortgesetzt, da die Menschen

Rohstoffe verwenden, um Produkte herzustellen, die sie sich wünschen beziehungsweise die sie brauchen.

- **STEL-1G. Unterscheide zwischen den Rollen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren und anderen mit Technik arbeitenden Personen bei der Schaffung und Instandhaltung technischer und technologischer Systeme.** Die Rollen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, und anderen mit Technik arbeitenden Personen sind miteinander verbunden, aber jeder trägt zu jedem Vorhaben ein einzigartiges Fachgebiet bei. Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, zu erkennen, wie Personen mit unterschiedlichen Kenntnissen in die Entwicklung von Technologien einbezogen sind und warum diese Zusammenarbeit wichtig ist.
- **STEL-1H. Entwerfe Lösungen durch sichere Verwendung von Werkzeugen, Materialien und Fertigkeiten.** Menschen benutzen geeignete Werkzeuge und Fähigkeiten, um ihre Arbeit zu erledigen (z. B. benutzt ein Zimmermann einen Hammer, um ein Haus zu bauen; ein Arzt verwendet bildgebende Diagnosegeräte zur Behandlung von Patientinnen und Patienten). Menschen verwenden auch Ressourcen wie Metall, Holz, Stoff und Stein, um Dinge herzustellen, die sie täglich benutzen.
- **STEL-1I. Erkläre, wie Problemlösungen durch wirtschaftliche, politische und kulturelle Kräfte beeinflusst werden.** Zum Beispiel beeinflussen die Interessen, Wünsche und finanziellen Ressourcen einer Gruppe von Menschen die Art des Verkehrssystems, das für ihre Gemeinschaft entwickelt wird. Ein Verkehrssystem für eine Großstadt kann sich auf den öffentlichen Nahverkehr stützen, während es in einer kleineren Stadt auf den Individualverkehr angewiesen sein könnte.

Klassenstufen 6 bis 8

Schülerinnen und Schüler der mittleren Klassenstufen können sich eingehender mit dem Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen befassen. Aus persönlicher und schulischer Erfahrung sind sie mit den spezifischen Veränderungen in der Technik vertraut, darunter mit der Betonung der Bedeutung der Kreativität für die Entwicklung von Produkten und Systemen.

Eine Erfindung oder Innovation steht in engem Zusammenhang mit der Befriedigung eines Bedarfs oder Bedürfnisses, aber in einigen Fällen geht die Schaffung von etwas Neuem der Identifizierung eines Bedarfs voraus. So führte Percy Spencer, ein Ingenieur der Raytheon Corporation, Mitte der 1940er-Jahre Tests für ein Radarprojekt mit Vakuumröhren durch. Bei der Durchführung des Experiments fand er einen Schokoriegel in seiner Tasche geschmolzen. Dieses unerwartete Ergebnis führte zur Entwicklung des Mikrowellenherds.

Damit Innovationen entstehen können, muss im Rahmen der Schaffung neuen Wissens eine kritische Analyse eines Problems erfolgen. Dies wird häufig durch Forschung und Entwicklung (FuE) erreicht, d. h. durch die praktische Anwendung naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Kenntnisse zur Schaffung neuer und verbesserter Produkte, Verfahren und Dienstleistungen, die den Bedürfnissen des Marktes entsprechen. So führte beispielsweise das von Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erarbeitete Wissen über Mikroprozessoren zur Entwicklung von modernen Computersystemen. Unternehmen geben beträchtliche Mittel für die Entwicklung neuer Erkenntnisse über die Funktionsweise verschiedenster Dinge aus, in der Hoffnung auf Schaffung neuer Produkte und Systeme oder zur Verbesserung bestehender Produkte und Systeme. Schülerinnen und Schüler können die kommerziellen Anwendungen von Technologien und die Auswirkungen wirtschaftlicher, politischer und ökologischer Belange auf ihre Entwicklung und Einführung bewerten.

Um ihr Verständnis für das Wesen und die Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-1J. Entwickle innovative Produkte und Systeme, die Probleme lösen und Fähigkeiten ausgehend von individuellen oder kollektiven Bedürfnissen und Wünschen erweitern.** In den Nachrichten finden sich häufig Berichte über junge Innovatorinnen und Innovatoren wie Marie Elena Grimmer, die im Alter von 14 Jahren ein System entwickelte, bei dem wiederverwendbare Plastik-Kugeln zum Filtern von schädlichem Antibiotikum, das zur Behandlung von Vieh verwendet wird und häufig in der Wasserversorgung in ländlichen Gebieten zu finden ist, genutzt wird. Dieser Entwicklungsprozess beinhaltet den wichtigen Schritt der Problemfindung, der oft aus Bedürfnissen oder Wünschen resultiert, die die Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Leben oder dem Leben von Familienmitgliedern festgestellt haben.
- **STEL-1K. Vergleiche Beiträge von Naturwissenschaft und Ingenieurwissenschaft, Mathematik und Technik bei der Entwicklung von technischen Systemen.** Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen können die Beiträge der Naturwissenschaften, des Ingenieurwesens, der Mathematik und der Technikwissenschaften (sowie anderer Disziplinen) zum Fortschritt von Werkzeugen und technischen Systemen erkennen. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, ist die Durchführung von Fallstudien zu bestimmten Technologien und das Lernen über ihre Entwicklungsgeschichte.
- **STEL-1L. Erläutere, wie Technik, Technologie und Ingenieurwesen eng mit Kreativität verbunden sind, die sowohl zu beabsichtigten als auch zu unbeabsichtigten Innovationen führen kann.** Kreativität setzt voraus, dass der Einzelne Wissen und Erfahrungen aus verschiedenen Bereichen nutzt, um etwas Neues zu schaffen

oder etwas auf neue Weise zu nutzen. Viele Erfindungen werden durch wahrgenommene Bedürfnisse und Wünsche inspiriert – z. B. die Zahnbürste. Andere Erfindungen entstehen auf unerwartete Weise. Stephanie Kwolek arbeitete beispielsweise daran, einen Ersatz für Stahlseile in Reifen zu finden, als sie versehentlich den Stoff Kevlar erfand. Kreativ neue Ideen zur Erforschung ist oft der Schlüssel zur Verbesserung technischer Produkte und Systeme.

- **STEL-1M. Wende kreative Problemlösungsstrategien bei der Verbesserung bestehender Geräte oder Prozesse oder bei der Entwicklung neuer Ansätze an.** Gestaltung und Problemlösung werden als iterative Prozesse betrachtet, die die Entwicklung von Ideen, die Herstellung oder den Bau möglicher Lösungen, das Testen und die Neugestaltung umfassen. Kreatives Problemlösen ermöglicht neue Einsichten, die zu Verbesserungen wie höherer Effizienz, besserer Leistung, geringeren Umweltauswirkungen usw. führen. Schülerinnen und Schüler, die etwas über Aerodynamik lernen, könnten z. B. Änderungen an einer Modellrakete vornehmen, um sie strömungslinienförmiger und präziser zu machen.

Klassenstufen 9 bis 12

In den Klassenstufen 9 bis 12 werden Schülerinnen und Schüler eine breitere Perspektive auf die Bedeutung der menschlichen Innovation und des Einfallsreichtums bei der Verbesserung bestehender und der Entwicklung neuer Technologien gewinnen. Sie werden zudem Fähigkeiten zum komplexeren Denken entwickeln, z. B. Analysieren, Entwerfen und kritisches Betrachten. Bis zum Abschluss der Schullaufbahn sollten die Schülerinnen und Schüler ein ausgeprägtes Verständnis für die Beziehungen zwischen Technik, Technologie, Ingenieurwesen, Mathematik und Naturwissenschaften sowie anderen Disziplinen entwickelt haben. Zu dieser Erkenntnis gehört, dass sie wissen, was Technologie und Ingenieurwesen sind, und dass sie erkennen, dass sie über die inhaltlichen Grundlagen dieser Disziplinen verfügen.

Technologie und Technik sind eng mit der menschlichen Neugier verwoben und werden von menschlichen Fähigkeiten, kulturellen Werten, öffentlichen Maßnahmen und Umweltauflagen beeinflusst. Schülerinnen und Schüler müssen diese Einflüsse erkennen und verstehen, wie ihre Integration die technologische Entwicklung beeinflussen kann. Beispielsweise war die Entwicklung der Ohrenschützer eine direkte Folge strenger, kalter Winter. Chester Greenwood, ein Junge, dessen Ohren besonders kälteempfindlich zu sein schienen, beschloss, etwas Neues zu entwickeln. Er entwarf ein spezielles Gerät, das aus Drahtschlaufen bestand und mit schwarzem Samt und Biberfell bezogen war. Nachbarn und Freunde waren von Chesters Erfindung so begeistert, dass auch sie Ohrenschützer haben wollten, und so wurde eine Nachfrage geschaffen, die 1872 zu einem Patent für Ohrenschützer führte. Neben der menschlichen Kreativität, den Fähigkeiten und der daraus resultierenden Nachfrage war das jeweilige Umfeld ausschlaggebend für den Erfolg des Ohrenschützers.

Neue Technologien verändern die Welt um uns herum sowohl in erwarteter als auch in unerwarteter Weise. Der technologische Fortschritt baut auf früheren Entwicklungen auf und führt zu zusätzlichen Möglichkeiten, Herausforderungen und Fortschritten in einer sich beschleunigenden Spirale der Komplexität. Durch diesen Fortschritt unterscheidet sich die moderne Gesellschaft erheblich von dem, was noch vor zwei oder drei Generationen als fortschrittlich bekannt war.

Schülerinnen und Schüler sollten erkennen, dass Erfindungen sowohl durch bewusste Planung (z. B. einen Menschen auf den Mond zu bringen) als auch durch glückliche Fügungen (z. B. Notizen von 3M Post-it®, NASA-Spinoff-Technologien) entstehen. Sie sollten erkennen, dass Innovationen auch geplant und beabsichtigt sein können, z. B. die Verfeinerung von Edisons Glühlampe, während andere unerwartet aus Arbeitsbereichen entstehen, die in neue, ursprünglich nicht vorgesehene Richtungen gehen. Technologisches und ingenieurtechnisches Gestalten oder die gezielte

Anwendung wissenschaftlicher und technischer Kenntnisse beschleunigt Entwicklung, während verschiedene Veränderungen im physischen, politischen oder kulturellen Umfeld die technologische Entwicklung antreiben oder verlangsamen können. So beschleunigte der Kalte Krieg beispielsweise die Entwicklung von Militär- und Raumfahrttechnologien. Im Gegensatz dazu hat die anfängliche Begeisterung für Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge aufgrund technologischer, politischer und wirtschaftlicher Barrieren noch nicht zu einer Verbreitung auf dem Verbrauchermarkt geführt.

Um ihr Verständnis für das Wesen und die Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwesen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-1N.** Erläutere, wie die Welt um uns herum technische Entwicklungen und Entwürfe beeinflusst. Technologische Entwicklungen lassen sich am besten durch Erfahrungen und Interaktionen innerhalb bestimmter Kontexte erfahren. Bei der Planung von Gebäuden sollten beispielsweise die örtlichen Gegebenheiten wie Bodenbeschaffenheit, Wind- und Schneelasten berücksichtigt werden – und die Gebäude sollten auch den örtlichen Bauvorschriften und Baustilen entsprechen.
- **STEL-1O.** Beurteile, wie Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen wissenschaftlichen, mathematischen, ingenieurwissenschaftlichen und technologischen Kenntnissen und Fähigkeiten zum Entwurf eines Produkts oder Systems beigetragen. Das Entwickeln und Verbessern von Produkten oder Systemen erfordert naturwissenschaftliches und technisches Fachwissen. Die Darstellung der Art und Weise, wie das Wissen und die Fähigkeiten der einzelnen Bereiche zu einem Produkt oder System beitragen oder beitragen werden, ist ein notwendiger Bestandteil von Innovation und Design.
- **STEL-1P.** Analysiere das Tempo der technologischen Entwicklung und sage die künftige Verbreitung und Annahme neuer Technologien vorher. Das Tempo der Entwicklung von Erfindungen und Innovationen wird von vielen Faktoren beeinflusst, z. B. von Zeit und finanziellen Ressourcen. Viele neue Technologien bauen auf früheren Technologien auf, was oft zu einer schnellen Entwicklung und Verbreitung führt. Die rasche Entwicklung von Drohnentechnologien im Verbrauchermaßstab hat z. B. auf frühere militärische Anwendungen dieser Geräte aufgebaut. Eine Vorhersage der Zukunft dieser Technologie zu treffen erfordert, das Marktpotenzial für eine Vielzahl von Anwendungen zu untersuchen und die rechtlichen und gesellschaftlichen Hindernisse, die die Einführung verlangsamen können abzuschätzen.
- **STEL-1Q.** Forsche, um gezielte Erfindungen und Innovationen zu entwickeln, die auf spezifische Bedürfnisse und Wünsche eingehen. Jahrelange Forschung führte zum Entwurf und zur Entwicklung von Lasersystemen, die in der Atmosphärenforschung und anderen Anwendungen (LiDAR oder LADAR) eingesetzt werden. Dieselbe Art von Lasersystem wurde dann modifiziert und erneut eingesetzt, um die Ablagerung von Plaque in den Arterien durch Laserangioplastie (d. h. die chirurgische Reparatur eines Blutgefäßes wie einer Arterie) zu behandeln.
- **STEL-1R.** Entwickle einen Plan, der Wissen aus den Naturwissenschaften, der Mathematik und anderen Disziplinen einbezieht, um ein technisches Produkt oder System zu entwerfen oder zu verbessern. Das Entwerfen, Instandhalten und Verbessern von Produkten oder Systemen erfordert oft besondere Kenntnisse und Fähigkeiten. So könnte beispielsweise eine Botanikerin oder ein Botaniker Probleme im Zusammenhang mit dem Wachstum von Pflanzen diagnostizieren, was es einem Agraringenieur ermöglicht, ein System zur Automatisierung der für eine bessere Ernte benötigten Pflege zu entwerfen, was wiederum eine Technikerin oder einen Tech-

niker erfordert, der für die Instandhaltung und ein Feedback zum System sorgt, um maximale Effizienz zu erzielen. Diese Experten sind auf Zusammenarbeit angewiesen, um Produkte oder Systeme zu entwickeln, instand zu halten und zu verbessern.

3.2 Standard 2: Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft

Wie andere Wissenszweige haben auch Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft eine Reihe von Grundkonzepten, die sie charakterisieren und von anderen Bereichen unterscheiden. Diese Konzepte dienen als Eckpfeiler für das Lernen über Technik. Sie tragen zur Vereinheitlichung bei, indem sie Schülerinnen und Schülern helfen, die gestaltete Welt zu verstehen. Die Grundkonzepte der Technik, der Technologie und des Ingenieurwesens definieren grundlegende Aspekte und sollten bei jeder Gelegenheit und in verschiedenen Kontexten in den allgemeinbildenden Technikunterricht integriert werden. Sieben Grundkonzepte werden im Folgenden als Schlüsselideen vorgestellt, die den zweiten Kernstandard definieren, aber auch in den anderen Standards zu finden sind. Diese sind:

Ein System ist eine Gruppe von miteinander verbundenen Komponenten, die gemeinsam ein bestimmtes Ziel erreichen sollen. Systemdenken bedeutet, zu verstehen, wie sich ein Ganzes ausdrückt und umgekehrt, wie sich die Teile zueinander und zum Ganzen verhalten. Systeme sollten in verschiedenen Kontexten untersucht werden, einschließlich ihres Entwurfs, der Fehlersuche innerhalb von Systemen sowie des Betriebs sowohl einfacher als auch komplexer Systeme.

Alle technischen Aktivitäten erfordern Ressourcen, die die wesentlichen Inputs darstellen, die benötigt werden, um eine Aufgabe zu erledigen. **Zu den grundlegenden technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Ressourcen (oder Inputs) gehören Werkzeuge und Maschinen, Materialien, Kapital, Geld, Wissen, Energie, Zeit und – am wichtigsten – Menschen.** Werkzeuge

und Maschinen sind Geräte, die die menschlichen Fähigkeiten erweitern und verbessern. Materialien können verschiedene Qualitäten haben und in natürliche (z. B. Holz, Stein, Metall und Ton), synthetische (z. B. Glas, Beton und Kunststoffe) und zusammengesetzte Materialien (Materialien, die zur Verbesserung der Eigenschaften bearbeitet wurden, z. B. Sperrholz und Metalllegierungen) unterteilt werden. Als Kapital werden materielle Vermögenswerte wie Gebäude und Ausrüstungen sowie solche, die für die Herstellung von Produkten und Systemen erforderlich sind, behandelt. Geld ermöglicht die Anschaffung von Materialien, Werkzeugen und anderem Bedarf. Wissen ist die Information, die benötigt wird, um technische und technologische Probleme zu lösen. Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten; alle technischen Systeme benötigen Energie, die umgewandelt und angewendet werden muss. Die Zeit, die für alle technologischen Aktivitäten zur Verfügung steht, ist begrenzt, daher ist ihre effektive Nutzung bei technologischen Unternehmungen entscheidend. Alle diese Ressourcen sind wichtig, aber ohne eine Form von menschlichem Beitrag kann nichts entworfen, verarbeitet oder umgesetzt werden.

Anforderungen sind die erwarteten Ergebnisse eines fertigen Produkts oder Systems und zeigen dem Konstrukteur oder der Konstrukteurin Einschränkungen, Kriterien, Zwänge und Möglichkeiten während des Entwicklungsprozesses auf. Zusammengefasst können sie als die Entwurfsparameter betrachtet werden, die die technischen und technologischen Tätigkeiten leiten. Dazu gehören Sicherheitsanforderungen, rechtliche Einschränkungen, verfügbare Ressourcen, gesellschaftliche Normen, Zeit und technisches Know-how.

Kompromisse umfassen die Wahl einer Eigenschaft (oder Anforderung) oder deren Austausch gegen eine andere. So kann beispielsweise die Entscheidung, unabhängig vom Gewicht das beste Material zu wählen, um eine maximale Festigkeit zu erreichen, den Konstrukteur oder die Konstrukteurin dazu zwingen, einen Kompromiss zwischen Kosten und Gewicht einzugehen. Um festgelegte Anforder-

rungen zu erfüllen und einen möglichst optimalen Entwurf zu erreichen, werden Kompromisse eingegangen. Per Definition beinhalten Kompromisse verschiedene Abwägungen; es ist unmöglich, jede Anforderung zu optimieren.

Optimierung ist ein Prozess oder eine Methode zur Gestaltung oder Herstellung eines Produkts, eines Prozesses oder eines Systems bis zu dem Punkt, an dem es am besten funktioniert und am effektivsten ist. Der gesamte Entstehungsprozess eines technischen Objekts sollte eine Optimierung beinhalten – von der ersten Idee bis zum fertigen Produkt oder System. In den meisten Fällen erfordert die Optimierung Kompromisse.

Ein Prozess ist eine systematische Abfolge von Aktionen, die zur Erzeugung eines Ergebnisses verwendet werden. Schülerinnen und Schüler, die mit dem Lernen beginnen, können probieren oder basteln, aber wenn sie weiter fortgeschritten sind, müssen sie formale ingenieurtechnische Prozesse erlernen. Gestaltung ist der Prozess der Anwendung von Wissen und kreativen Fähigkeiten bei der Entwicklung eines Produkts. Der Prozess der Herstellung von Modellen sowie die Modellierung in virtuellen Umgebungen wird genutzt, um Konzepte zu demonstrieren und zu versuchen, Visionen und Ideen zu entwickeln. Instandhaltung ist der Prozess der Arbeit mit den Teilen eines Systems oder dem System als Ganzes, um das ordnungsgemäße Funktionieren sicherzustellen und unnötige Fehler zu vermeiden. Management ist der Prozess der Planung, Organisation und Kontrolle von Technologie und ist zur Kontrolle von Ressourcen und zur Gewährleistung eines effektiven und effizienten Betriebs technologischer Prozesse notwendig. Die Bewertung von Produkten und Systemen ist ein Prozess, bei dem Fragen gestellt und Ereignisse untersucht werden, um tiefere Muster oder Probleme aufzudecken. Das Endziel einer Bewertung ist die Verbesserung des Prozesses oder Systems.

Steuerungen und Regelungen sind die Mechanismen oder Aktivitäten, die Informationen anwenden, um Systeme zu veranlassen, sich in ge-

wünschter Weise zu verhalten. Ein Thermostat ist ein Beispiel für einen Regler zur Regulierung der Raumtemperatur. Steuerungen und Regelungen sind nicht immer erfolgreich oder funktionieren nicht immer perfekt. Das Verständnis der Rolle der Rückkopplung oder der Verwendung von Informationen über das System zur Regulierung seiner Eingänge und Funktionen ist wichtig, um bestimmen zu können, wie Kontrollen in verschiedenen Arten von Systemen funktionieren.

Klassenstufen PreK–2

Lernende in der frühkindlichen Bildung werden ein grundlegendes Verständnis vieler Grundkonzepte der Technologie erwerben, die ihnen helfen werden, wenn sie mehr über dieses Thema lernen. Durch die wiederholte Beschäftigung mit diesen Konzepten können sie Zusammenhänge herstellen und beginnen, Muster in der technologischen Entwicklung zu erkennen. Sie sollten beispielsweise erkennen, wie der Einsatz eines Systems, z. B. eines Heizungs- und Kühlungs-systems, von den dafür notwendigen Ressourcen und Anforderungen abhängt. Durch praktische Aktivitäten lernen Lernenden, dass die Entwicklung von Technik Folgendes erfordert: Werkzeuge, Materialien, Maßnahmen, Sicherheit und Planung. Darüber hinaus werden sie entdecken, dass sich viele dieser Grundkonzepte auf ihr tägliches Leben beziehen. So lernt ein kleines Kind, das etwas aus Lego®-Bauteilen herstellt, schnell, dass für das Erreichen des gewünschten Ergebnisses ein Plan erforderlich ist, dass die Bauzeit umso länger ist, je komplexer das zu bauende Objekt ist, und dass es in seiner Fähigkeit, Objekte zu bauen, durch die Anzahl der Teile begrenzt ist. Lego®-Teile, die sie besitzen oder einfache elektronische Geräte, die Steuerelemente enthalten, veranschaulichen leicht das Konzept der Rückkopplung. Ein Raum zum Lernen in diesem Bereich sollte den Schülerinnen und Schülern eine Vielzahl von Möglichkeiten bieten, diese Grundkonzepte zu diskutieren, zu erforschen und anzuwenden.

Um zu zeigen, dass sie die Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft

verstehen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen Prek–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-2A. Veranschauliche, wie Systeme aus Teilen oder Komponenten bestehen, die zusammenwirken, um ein Ziel zu erreichen.** Zum Beispiel kann ein Fahrrad als System betrachtet werden. Es hat viele Teile – Räder, Lenker, Pedale, Bremsen, Gangschaltung und Ketten – und jedes Teil ist wichtig, damit das Fahrrad richtig funktioniert.
- **STEL-2B. Verwende Werkzeuge, um eine Aufgabe auszuführen.** Viele Werkzeuge haben bestimmte Funktionen, und die Auswahl des richtigen Werkzeugs erleichtert die Aufgabe. Menschen verwenden Werkzeuge, um Objekte herzustellen, ein gewünschtes Ergebnis zu erzielen und um zu kommunizieren. Kinder verwenden Scheren, um Papier zu schneiden, Klebestifte, um Komponenten zusammenzufügen, Stifte, um Ideen zu skizzieren, und Computer, um nach Informationen zu suchen.
- **STEL-2C. Erkläre, dass Materialien für ihre Verwendung ausgewählt werden, weil sie wünschenswerte Eigenschaften und Merkmale besitzen.** Papier, Holz, Stoff, Pappe und gefundene Gegenstände sind die häufigsten Materialien, die kleine Kinder beim Basteln von Gegenständen, welche sie entwerfen, verwenden. Indem sie mit Materialien arbeiten, lernen sie durch Beobachtung und Ausprobieren, welche Materialien für bestimmte Aufgaben besser geeignet sind.
- **STEL-2D. Entwickle einen Plan, um eine Aufgabe zu erfüllen.** Kleine Kinder lernen z. B., dass sie, wenn sie etwas erreichen wollen, beispielsweise eine Geburtstagskarte für ihre Eltern entwerfen und anfertigen, Materialien zur Verfügung haben müssen und die Karte bis zu einem bestimmten Datum fertigstellen müssen.
- **STEL-2E. Arbeite effektiv in einem Team zusammen.** Um möglichst effektiv arbeiten zu können,

müssen Teammitglieder lernen, zu kommunizieren und als eine Einheit zusammenzuarbeiten. Strategien für die Zusammenarbeit im Team müssen von der Lehrkraft vorgelebt und als Ansatz in den Unterricht eingebracht werden.

Klassenstufen 3 bis 5

In den Klassenstufen 3 bis 5 liegt der Schwerpunkt auf den Konzepten von Systemen, Ressourcen, Anforderungen und Prozessen. Auf dieser Stufe werden die Schülerinnen und Schüler durch die Vertrautheit mit den Grundkonzepten in die Lage versetzt, ein besseres, ganzheitlicheres Bild des Lernens über Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft zu erhalten. So sollten die Schülerinnen und Schüler beispielsweise in der Lage sein, die in ihrer Umgebung verfügbaren Ressourcen zu erkennen. Zu diesen Ressourcen könnten Werkzeuge und Maschinen bei ihnen zu Hause gehören, Materialien, die beim Bau von Straßen und Gehwegen verwendet werden, die sie auf dem Schulweg benutzen, oder Informationen, die für die Verwendung eines neuen Produkts erforderlich sind.

Schülerinnen und Schüler sollten technische Systeme klassifizieren können, um sie leichter erforschen zu können. Das Lösen von Problemen im MINT-Bereich ist eine weitere wichtige Fähigkeit, die die Schülerinnen und Schüler in diesen Klassenstufen üben sollten. Durch die Auseinandersetzung mit verschiedenen Ressourcen und Prozessen können die Schülerinnen und Schüler zusätzliche Fähigkeiten entwickeln, indem sie durch den Einsatz moderner Werkzeuge ihr Wissen erweitern. Ob sie nun Heißklebepistolen, Handwerkzeuge oder Computer mit entsprechender CAD-Software verwenden, die Schülerinnen und Schüler sollten die Bedeutung von Werkzeugen für die Erfüllung von Aufgaben erkennen.

Mit der Einführung des Konzepts der Anforderungen wird eine Grundlage geschaffen, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, komplexere Ideen in späteren Klassenstufen zu verstehen. Die Schülerinnen und Schüler sollten beginnen, die

Parameter zu verstehen, die einen Entwurf oder die Entwicklung und Verwendung eines Produkts bestimmen. Dazu zählen beispielsweise Sicherheitsbedürfnisse, physikalische Gesetze, die die Entwicklung einer Idee begrenzen, verfügbare Ressourcen und gesellschaftliche Normen. Diskussionen über Anforderungen werden sich auf die Nutzung von Ressourcen und auf andere Grundkonzepte der Technik beziehen.

Um zu zeigen, dass sie die Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft verstehen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-2F. Beschreibe, was ein Teilsystem eines Systems ist, das als Teil eines anderen, größeren Systems funktioniert.** Ein Beispiel für ein Teilsystem ist die Anordnung der Wasserleitungen in einem Haus, die Teil eines größeren Frischwasserverteilungssystems in einer Stadt oder Gemeinde ist.
- **STEL-2G. Veranschauliche, wie ein System nicht wie geplant funktionieren kann, wenn Teile davon fehlen.** Ein Computer funktioniert nicht, wenn der Strom ausfällt oder die Batterie entfernt wurde.
- **STEL-2H. Identifiziere die Ressourcen, die benötigt werden, um eine technische Aufgabe zu erledigen, z. B. Menschen, Materialien, Kapital, Werkzeuge, Maschinen, Wissen, Energie und Zeit.** Schülerinnen und Schüler, die an Problemlösewettbewerben wie „Odyssey of the Mind“²⁷ teilnehmen, müssen z. B. eine Liste von Ressourcen erstellen, die sie für ein Theaterstück benötigen, das sie vor einer Jury aufführen müssen. Die strategische Planung der Ressourcen könnte die Kulisse, die Kostüme, die Requisiten, die Rollen, die die Teammitglieder spielen werden, und die Berücksichtigung der Fristen umfassen.

- **STEL-2I. Beschreibe die Eigenschaften verschiedener Materialien.** Schülerinnen und Schüler sollten den Unterschied zwischen natürlichen und vom Menschen hergestellten Materialien und deren grundlegende Eigenschaften kennen. Zum Beispiel sind Holz, Stein, Metall, Glas und Beton hart und dicht; Leder, Papier und einige Metalle sind flexibel; Glas und einige Kunststoffe sind transparent. Einige Materialien leiten Wärme und Elektrizität, während andere isolieren, um die Wärmeübertragung zu stoppen oder zu verzögern. Die Eigenschaften eines bestimmten Materials bestimmen, ob es für eine bestimmte Anwendung geeignet ist.
- **STEL-2J. Zeige, wie Werkzeuge und Maschinen die menschlichen Fähigkeiten erweitern (z. B. beim Halten, Heben, Tragen, Befestigen, Trennen und Rechnen).** Der Einsatz von Werkzeugen und Maschinen wie Klebepistolen, Sägen, Linealen, Scheren, Zahnrädern, Klemmen und Computern ermöglicht es dem Menschen, mehr Aufgaben zu bewältigen.
- **STEL-2K. Beschreibe die Anforderungen an den Entwurf oder die Herstellung eines Produkts oder Systems.** Anforderungen sind die Kriterien oder erwarteten Ergebnisse, die bei der Entwicklung technischer Lösungen verwendet werden. Beispielsweise ist es oft unmöglich, ein Produkt wegen der Materialkosten oder aus Zeitgründen auf eine bestimmte Weise herzustellen, z. B. wenn das Produkt schneller hergestellt werden muss als mit einer spezifischen Methode möglich. Diese Grenzen werden bei Entscheidungen über die Gestaltung und Herstellung eines Produkts berücksichtigt.
- **STEL-2L. Erschaffe ein neues Produkt, das das Leben eines Menschen verbessert.** Erfindungen werden gemacht, um ein menschliches Bedürfnis oder einen Wunsch zu erfüllen. Erfindungen sind

²⁷ „Odyssey of the Mind“ ist ein kreatives problemlösendes Programm für Schülerinnen und Schüler, bei dem Teams aus der ganzen Welt Lösungen für vorgegebene Herausforderungen erarbeiten und bei Turnieren präsentieren. Es wurde in den 1970er-Jahren in den USA gegründet.

die Art und Weise, wie Menschen versuchen, die natürliche Welt zu verbessern. Ein Beispiel dafür sind die Produkte, die Menschen mit Behinderungen geholfen haben, wie sie z. B. im Zuge der Initiative „Dream Ride GoBabyGo Style“ der ITEEA²⁸ entwickelt wurden. Diese bilden einen guten Ausgangspunkt, um Schülerinnen und Schülern dabei zu helfen, Bedürfnisse zu erkennen und innovative Wege zur Erfüllung dieser Bedürfnisse zu finden.

Klassenstufen 6 bis 8

Nachdem Schülerinnen und Schüler in den vorangegangenen Klassenstufen ein allgemeines Verständnis für die Grundkonzepte der Technik und des Ingenieurwesens entwickelt haben, können sie diese Themen und ihre Zusammenhänge nun vertiefen. Viele Aspekte der Entwicklung und Nutzung von Technologie haben mit diesen Systemen, Ressourcen, Anforderungen, Optimierungen, Kompromissen, Prozessen und Kontrollen zu tun. Das Verständnis dieser Grundkonzepte bildet eine solide Grundlage für die Entwicklung weiterer Konzepte sowie für die Anwendung und den Transfer dieses Wissens in späteren Jahren.

Schülerinnen und Schüler sollten Details über Systeme erkunden und lernen, dass sie viele Formen annehmen können, darüber hinaus, dass Systeme zahlreiche Subsysteme haben können. Schülerinnen und Schüler könnten z. B. untersuchen, wie Werkstätten als Teilsystem eines größeren Produktionsstandorts funktionieren. Sowohl einfache als auch komplexe Systeme sind ein wesentlicher Bestandteil des Lebens von Schülerinnen und Schülern. So wie Menschen innere Organe haben, die außerhalb ihres Körpers nicht funktionieren, so funktionieren Systeme und Subsysteme eines technischen Systems nicht richtig, wenn sie nicht in das Gesamtsystem eingebettet sind, dieses also nicht vollständig ist. Dies ist der Fall, wenn beispielsweise ein System

zur Steuerung von Verkehrsampeln plötzlich nicht mehr funktioniert und die Ampeln ausfallen. Dies kann dann einen großen Stau, einen Unfall und viele verärgerte Bürgerinnen und Bürger zur Folge haben.

Ein zentraler Gedanke für Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufe ist das Systemdenken, eine Praxis, die sich auf die Analyse und den Entwurf des gesamten Systems im Gegensatz zu seinen vielen Teilen konzentriert. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, ein Problem in seiner Gesamtheit zu betrachten, indem sie so viele Anforderungen und Kompromisse wie möglich in Betracht ziehen. Vor dieser Stufe konzentrierten sich die Schülerinnen und Schüler in der Regel auf die Teile, die das Ganze ausmachen. Diese Verlagerung des Schwerpunkts kann eine Herausforderung sein, da sie von den Schülerinnen und Schülern verlangt, ihr Denken zu erweitern, indem sie ‚Was wäre, wenn‘-Optionen in Betracht ziehen, deren Ergebnisse unbekannt sind. Die Lehrkräfte sollten diese Art zu denken als Einführung in die zukünftige Arbeit in höheren Klassenstufen betrachten.

Durch die Arbeit mit verschiedenen Arten von Technologien und Prozessen lernen Schülerinnen und Schüler, wie Geräte funktionieren und wie sie repariert werden, wenn sie kaputt gehen oder nicht wie vorgesehen funktionieren. Diese Informationen werden verwendet, um die Ursache einer Störung zu ermitteln, Produkte und Systeme instand zu halten und verschiedene Aspekte der technologischen Entwicklung zu begreifen. Um verschiedene Prozesse zu verstehen, muss der Kontext bekannt sein, in dem ein bestimmter Prozess eingesetzt werden soll und wann er benötigt wird. Daher sollten Schülerinnen und Schüler vielfältige Möglichkeiten haben, viele unterschiedliche Ressourcen, Werkzeuge, Maschinen, Materialien und Prozesse zu nutzen, um die Auswirkungen von Kompromissen und Feedbacks zu erfahren. Schülerinnen und Schüler sollen so lernen, wie sie feststellen können, ob ein Produkt,

28 Eine Initiative, die darauf abzielt, die Mobilität von Kindern mit Behinderungen durch die Anpassung von Spielzeugfahrzeugen zu erhöhen. Mithilfe von Modifikationen werden diese Spielzeuge in funktionsfähige Hilfsmittel umgewandelt, die es den Kindern ermöglichen, sich selbstständig fortzubewegen.

eine Dienstleistung oder ein System den Spezifikationen und Toleranzen entspricht, die im Entwurf geplant wurden.

Um zu zeigen, dass sie die Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft verstehen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-2M. Unterscheide zwischen Inputs, Prozessen, Outputs und Rückkopplungen in technologischen Systemen.** Inputs bestehen aus den Ressourcen, die in ein technologisches System fließen. Die Prozesse sind die systematischen Abfolgen von Handlungen, die Ressourcen kombinieren, um einen Output zu erzeugen, wie beispielsweise Codierung, Reproduktion, Entwurf, Zusammenbau oder Verbreitung. Der Output ist das Ergebnis, das sowohl positive als auch negative Auswirkungen haben kann. Feedbacks sind Informationen, die zur Überwachung oder Steuerung eines Systems verwendet werden. Ein System enthält oft eine Komponente, die es ermöglicht, das System zu überarbeiten oder zu verfeinern, wenn das Feedback eine solche Maßnahme nahelegt. Zum Beispiel ist die Kraftstofffüllstandanzeige eines Fahrzeugs ein Feedbacksystem, das dem Benutzer mitteilt, wann das System zusätzlichen Kraftstoff benötigt.
- **STEL-2N. Veranschauliche, wie das Systemdenken die Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen berücksichtigt und wie ein System mit der Umgebung, in der es eingesetzt wird, interagiert.** Systeme werden in vielfältiger Weise genutzt. Systeme tauchen auch in vielen Aspekten des täglichen Lebens auf, z. B. in Kommunikations- und Verkehrssystemen. Die Analyse eines Systems erfolgt in Bezug auf seine einzelnen Teile oder in Bezug auf seine Gesamtheit und darauf, wie es mit anderen Systemen interagiert oder in Beziehung zu anderen Systemen steht. Beispielsweise kann die Diskussion über ein Computersystem die einzelnen Teile eines einzelnen Computers betreffen oder ein ganzes Computernetzwerk umfassen. Die Erörterung eines Verkehrssystems

kann eine Auflistung der verschiedenen Teile eines bestimmten Verkehrsträgers beinhalten (z. B. Flughäfen, Flugzeuge, Luftverkehrskontrolle, Flughafensicherheit usw.) oder durch den Vergleich der Gesamteigenschaften eines Verkehrssystems mit einem anderen (z. B. die Art der verwendeten Fahrzeuge, der Energieeinsatz, die Kontrollmechanismen usw.) erfolgen.

- **STEL-2O. Entwickle ein offenes System, das keinen Rückkopplungspfad hat und einen menschlichen Eingriff erfordert.** Ein Beispiel für ein System mit offenem Regelkreis ist ein Lichtschalter in einem Raum. Das elektrische System hat kein Feedbacksystem, erfordert aber, dass jemand den Schalter umlegt (Eingang), um Elektronen an die Glühlampe zu senden (Prozess) und den Raum zu beleuchten (Ausgang).
- **STEL-2P. Entwickle ein geschlossenes System, das Feedback gibt und kein menschliches Eingreifen erfordert.** Systeme können so konzipiert werden, dass sie automatische Steuerungen verwenden, die sowohl Informationen vom System erhalten als auch auf der Grundlage des Inhalts dieser Rückmeldungen Maßnahmen ergreifen. Ein Beispiel ist der Warmwasserbereiter in einem Haus, der über einen Thermostat verfügt, der Rückmeldungen liefert und das System automatisch einstellt, wenn es ein- und ausgeschaltet werden muss.
- **STEL-2Q. Sage die Ergebnisse eines zukünftigen Produkts oder Systems zu Beginn des Entwurfsprozesses vorher.** Sorgfältige Konstrukteure und Konstrukteurinnen sollten mögliche Ergebnisse eines technischen Produkts in Betracht ziehen, bevor das Produkt fertiggestellt ist. Dies ist eine Geisteshaltung, die die Schülerinnen und Schüler durch Entwerfen, Problemlösung, Ideenfindung und Systemdenken ständig erweitern sollten.
- **STEL-2R. Vergleiche, inwiefern verschiedene Technologien unterschiedliche Prozesse beinhalten.** Die Datenverarbeitung umfasst z. B.

das Entwickeln, Zusammenfassen, Speichern, Abrufen und Reproduzieren, Bewerten sowie Übermitteln von Informationen. Zu Herstellungsprozessen gehören der Entwurf, die Entwicklung, die Bewertung, die Herstellung und Produktion, die Vermarktung und das Management.

- **STEL-2S. Verteidige Entscheidungen im Zusammenhang mit einem Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsproblem.** Indem Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, ihre Handlungen zu verteidigen und ihre Ergebnisse mitzuteilen, nachdem sie versucht haben, ein Problem zu lösen, entwickeln sie Einfühlungsvermögen, flexibles Denken und Verantwortlichkeit sowie Metakognition (d. h. Bewusstsein und Verständnis für ihre eigenen Denkprozesse). Um Schülerinnen und Schülern zu helfen, technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Denkgewohnheiten zu entwickeln, müssen Lehrkräfte explizit das Konstruieren lehren und den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geben, die erwarteten Ergebnisse zu präsentieren.

Klassenstufen 9 bis 12

Zu dem Zeitpunkt, an dem Schülerinnen und Schüler die neunte Klassenstufe erreichen, sollten sie mit den Grundkonzepten von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft vertraut sein. In dieser Stufe können Schülerinnen und Schüler beginnen, zu analysieren, wie diese Konzepte bei Problemen, die sie, ihre Gemeinschaft und die Welt betreffen, zusammenwirken. Übergreifende Themen, wie z. B. die Frage, wie Ressourcen nachhaltig genutzt werden können und wie Ressourcennutzung mit Anforderungen oder Optimierungsüberlegungen zusammenhängt, sollten im Detail diskutiert und erkundet werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten sich auf die Konzepte der Systemanalyse, der Stabilität von Systemen und der Kontrollsysteme konzentrieren. Sie sollten erkennen, dass die Reihenfolge, in der Prozesse eingesetzt werden, variabel ist und dass neue Technologien oft aus bestehenden Technologien hervorgehen. Die Akzeptanz neuer Technologien hängt von vielen Faktoren ab, unter

anderem davon, wie gut sie von den Nutzerinnen und Nutzern angenommen werden und wie hoch ihre Kosten sind. Durch den Einsatz und das Feedback wird festgestellt, dass einige Technologien inakzeptable Kompromisse aufweisen, sodass ihre Verwendung gestoppt wird.

Die Schülerinnen und Schüler müssen sich nicht mehr darauf konzentrieren, wie sich die technologische Entwicklung auf sie auswirkt, sondern sie sollten eine breitere, globale Perspektive einnehmen. Die Anwendung des Systemdenkens erfordert, dass die Schülerinnen und Schüler alle Aspekte eines Problems untersuchen, z. B. seine Kriterien und Einschränkungen sowie positive und negative Folgen. Die Anwendung des Systemdenkens hilft den Schülerinnen und Schülern dabei, festzustellen, ob die Entwicklung eines bestimmten Systems den Aufwand und die Kosten dafür wert ist und welche Kompromisse möglicherweise in Betracht gezogen werden müssen, um den besten Ansatz zu finden. Ressourcen können auch aus einer globalen Perspektive, hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung für die Erde, betrachtet werden. Die Verwaltung von Arbeit und Ressourcen ist ein wichtiger Faktor für den Erfolg der kommerziellen Anwendung von Produkten und Systemen. Schlechtes Management kann zu überhöhten Kosten, schlechter Qualität und Ineffizienz führen. Ein gutes Management trägt dazu bei, dass Prozesse und Ressourcen effektiv und effizient eingesetzt werden. Der Einsatz von Zeitplänen wirkt sich neben der Zuteilung von Material und Raum auch auf den Einsatz vieler Technologien aus.

Schülerinnen und Schüler sollen lernen, dass Prozesse im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen nicht immer in einer linearen Reihenfolge ablaufen. Zum Beispiel werden Prototypen, die oft als Teil des Entwicklungsprozesses hergestellt werden, verwendet, um die Qualität eines Entwurfs zu bewerten, bevor das Produkt oder System tatsächlich hergestellt und verwendet wird. Zudem müssen die Schülerinnen und Schüler verstehen, dass Innovationen bewusst auf den Markt gebracht werden müssen. Sobald innovative Ideen entworfen

wurden, müssen sie getestet und für eine zukünftige Nutzung vorbereitet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an z. B. Kapital, Zeit, Nachfrage und Produktionsmittel schaffen es nicht alle Technologien auf den Markt. Der Lebenszyklus eines Produkts (oder Systems) reicht von der ersten Idee bis zu seiner endgültigen Markteinführung. Einige Produktlebenszyklen sind recht lang, während andere sehr kurz sein können.

Die Bedeutung von Optimierung und Kompromissen in der technologischen Entwicklung erfordert mehr Zeit und Mühe, um von Schülerinnen und Schülern verstanden zu werden. Schülerinnen und Schüler sollten die Möglichkeit haben, Simulationen oder mathematische Modellierungen zu nutzen, die beide für den Erfolg der Entwicklung eines optimalen Entwurfs entscheidend sind. Wenn ein mathematisches oder virtuelles Modell nicht möglich ist, müssen sich Schülerinnen und Schüler auf ihre persönliche Erfahrung und die Verwendung physischer Modelle verlassen. Zudem müssen sie die Grenzen physischer Modelle und die Einschränkungen, die sich aus ihrer Verwendung ergeben, erkennen, um verschiedene Anpassungen vornehmen zu können. Zudem müssen die Schülerinnen und Schüler wiederholt mit dem Prozess der Entwicklung von Kompromissen konfrontiert werden, da diese Idee in vielen Bereichen des menschlichen Strebens anzutreffen ist, einschließlich der Naturwissenschaft, der Wirtschaft und des Geschäftslebens sowie der Technologie.

Schließlich umfasst die Untersuchung von Steuerungen sowohl einfache als auch komplexe Systeme. Der menschliche Körper enthält Steuerungen, die Atmung, Kreislauf und Verdauung bestimmen. Diese Systeme in der Natur sind viel komplizierter und ausgeklügelter als die fortschrittlichsten von Menschen geschaffenen Kontrollsysteme. Zuverlässigkeit, Rückkopplung und die grundlegende Funktion eines Steuergeräts bestimmen, wie effizient und vorteilhaft dieses sich erweist. Daher müssen die Schülerinnen und Schüler eine Reihe von Erfahrungen und Aktivitäten machen, die sich

auf den Entwurf und die Arbeit mit Kontrollsystemen konzentrieren.

Um zu zeigen, dass sie die Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft verstehen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zum Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-2T. Demonstriere den Einsatz konzeptioneller, grafischer, virtueller, mathematischer und physikalischer Modellierung, um widersprüchliche Überlegungen zu erkennen, bevor ein gesamtes System entwickelt wird, und um die Entscheidungsfindung bei einer Entwicklung zu unterstützen.** Beim Systemdenken werden kritisches Denken und Kreativität auf komplexe reale Probleme angewendet, um fundiert Kompromiss zu finden.
- **STEL-2U. Diagnostiziere ein fehlerhaftes System, das in ein größeres technisches, soziales oder ökologisches System eingebettet ist.** Systeme bestehen aus Komponenten (d. h. Subsystemen). Eine Küchenmaschine ist nur eine Komponente in einem größeren System der Lebensmittelzubereitung, das wiederum eine Komponente in einem größeren System des Haushalts ist. Die Fehlersuche in einem fehlerhaften System oder Produkt ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, Bereiche für mögliche Verbesserungen zu ermitteln. Zum Beispiel könnte ein Recyclingsystem an der eigenen Schule eine sehr geringe Beteiligung von Schülerinnen und Schülern sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aufweisen. Durch die Untersuchung der Komponenten des Systems können die Schülerinnen und Schüler Wege zur Verbesserung finden.
- **STEL-2V. Analysiere die Stabilität eines technischen Systems und wie sie von allen Komponenten des Systems beeinflusst wird, insbesondere von denen in der Feedbackschleife.** Automatisierte Kontrollsysteme in einem Fahrzeug erkennen beispielsweise automatisch die

Geschwindigkeit des Fahrzeugs und können sie dementsprechend regeln.

- **STEL-2W.** Wähle Ressourcen aus, bei denen es um Kompromisse zwischen konkurrierenden Werten wie Verfügbarkeit, Kosten, soziale Erwünschtheit und Verschwendung geht, während Probleme gelöst werden. Die technologische Entwicklung beinhaltet Entscheidungen darüber, welche Ressourcen verwendet werden können und sollen. So sind beispielsweise einige Häuser sehr energieeffizient, während andere aufgrund der Auswahl von Materialien und Geräten sowie aufgrund der verwendeten Bautechniken große Mengen an Energie verbrauchen.
- **STEL-2X.** Nenne Beispiele für Kriterien und Einschränkungen für ein Produkt oder System und wie sie sich auf den Entwurf auswirken. Manchmal können Anforderungen Einschränkungen, Kriterien oder beides sein. Die Berücksichtigung und das Management dieser Anforderungen sind beim Entwurf von wesentlicher Bedeutung. Beispielsweise mussten Onlinehändler das Versprechen einer schnellen Lieferung nach Hause (Kriterien) mit der Einschränkung der Standorte von Verteilungszentren in Systemen für die letzte Meile in Einklang bringen.
- **STEL-2Y.** Setze Qualitätskontrollen als geplanten Prozess um, um sicherzustellen, dass ein Produkt, eine Dienstleistung oder System festgelegten Kriterien entspricht. Die Qualitätskontrolle befasst sich damit, wie gut ein Produkt ist und ob der Betrieb oder das System mit den Spezifikationen und Toleranzen übereinstimmt, die für die Konstruktion erforderlich sind. So wurde beispielsweise eine Reihe strenger internationaler Normen aufgestellt, die den Unternehmen helfen sollen, die Qualität ihrer Produkte und Arbeitsabläufe systematisch zu verbessern. Als Verbraucherinnen und Verbraucher verlassen Menschen sich auf die Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Produkten, die sie kaufen und verwenden.

- **STEL-2Z.** Wende Managementprozesse bei der Planung, Organisation und Kontrolle der Arbeit an. Management wird manchmal als das Erledigen von Aufgaben durch andere Menschen definiert. Teamarbeit, Verantwortung und zwischenmenschliche Dynamik spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Herstellung technologischer Produkte. Managementprozesse werden zur Überwachung und Steuerung dieser Funktionen eingesetzt.

3.3 Standard 3: Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren

Es gibt viele Möglichkeiten, Ideen und Verfahren aus verschiedenen Bereichen miteinander zu verbinden. Neue Produkte und Systeme bauen auf früheren Erfindungen und Innovationen auf und zeigen gleichzeitig, wie das in einem Bereich erworbene Wissen in einem anderen Bereich angewendet werden kann. So ist beispielsweise das Wissen um die Massenproduktion eines in einem Forschungslabor entwickelten biologischen Produkts für den Aufbau eines Biotechnologieunternehmens unerlässlich. Die Biotechnologiebranche hat gelernt, dass zwischen der Entwicklung eines Produkts in einem Labor und der Massenproduktion für Kundinnen und Kunden ein großer Unterschied besteht. Die Forschung zur Lösung von Produktionsproblemen im Zusammenhang mit Bioprozessen erweist sich hier als entscheidend.

Drei Schlüsselbegriffe verdeutlichen die Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Schlüsselbegriffe, wobei die Spezifität und Komplexität in den verschiedenen Klassenstufen zunimmt. Der erste Grundgedanke ist, dass **Technik, Technologie und Ingenieurwesen interdisziplinär sind und sich auf mehr als einen Inhaltsbereich beziehen**. Die Verbindung zwischen Technologie und Ingenieurwesen und anderen Inhaltsbereichen wird oft nicht erkannt oder manchmal als selbstverständlich vorausgesetzt. Die Technik ist im Leben der Menschen so allgegenwärtig, dass sie fast unsichtbar wird. Im Laufe der Jahre hat der techno-

logische Fortschritt Menschen und Organisationen durch Innovationen unterstützt, die die Lebens-, Arbeits- und Spielweise verändert und zu völlig neuen Studienbereichen geführt haben. Effektive allgemeine Technik, Technologie und ingenieurwissenschaftliche Literacy fördert transdisziplinäres Denken durch die Integration lehrplanübergreifender Inhalte und Verfahren, die für eine erfolgreiche technologische Entwicklung notwendig sind.

Der zweite Grundgedanke ist, dass **Technik, Technologie und Ingenieurwesen den Technologietransfer mit anderen Bereichen beeinflussen und von ihm beeinflusst werden**. Naturwissenschaft, Ingenieurwesen und Technologie haben eine eigene Identität, sind aber eng miteinander verbunden. Die Naturwissenschaft liefert Wissen über die natürliche Welt, das zu vielen technischen Produkten von heute beiträgt. Im Gegenzug liefern Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft der Wissenschaft Instrumente, die zur Erforschung der Welt benötigt werden. Die Bereiche haben viele Gemeinsamkeiten, z. B. die Entwicklung von Regelwerken und das Vertrauen auf die Prüfung von Theorien in der Naturwissenschaft sowie von Entwürfen in Technik und Ingenieurwesen. Der grundlegende Unterschied zwischen ihnen besteht darin, dass die Naturwissenschaft versucht, ein bereits existierendes Universum zu verstehen, während Technologie und Ingenieurwesen Bedürfnisse und Möglichkeiten vorwegnehmen und Wissen und Kreativität einsetzen, um dafür Lösungen zu entwickeln. Mathematik und Technologie haben eine ähnliche Beziehung. Die Mathematik bietet eine Sprache, mit der Beziehungen in Naturwissenschaft und Technik ausgedrückt werden können, und liefert nützliche Analysewerkzeuge für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Ingenieurinnen und Ingenieure. Mathematische Verfahren und Prozesse helfen Schülerinnen und Schülern bei der Analyse von Daten, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Technologische Innovationen wie der Computer können den Fortschritt in der Mathematik fördern, während mathematische Erfindungen wie beispielsweise Theorien der numerischen Analyse, zu verbesserten Technologien führen können.

Der dritte Grundgedanke ist, dass **Technologie und ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse und Verfahren sich weiterentwickeln und auch von anderen Fachgebieten weiterentwickelt werden**. Alle Fachgebiete stehen mit Technik in Verbindung, und zwar durch ihre Denkweise und nicht nur durch ihre Produkte und Systeme. Konstrukteure und Konstrukteurinnen von Brücken, Dämmen und Gebäuden werden häufig von Formen aus Kunst und Natur beeinflusst (z. B. Ästhetik). Die Technologie wiederum beeinflusst die geisteswissenschaftlichen Aktivitäten, oft auf tiefgreifende Weise, mit Erfindungen, die neue Möglichkeiten und Ansätze bieten. So unterstützen beispielsweise Synthesizer und Computer die Komposition und Aufführung von Musik, während Computerdatenbanken die Forschung in den Sozialwissenschaften revolutioniert haben. Technologische Fortschritte wie die Gentechnik und das Internet haben auch zu einer veränderten Sichtweise auf geistige Eigentumsrechte wie Patente und Urheberrechte geführt.

Klassenstufen PreK–2

Lernen wird sinnvoller, wenn kleine Kinder das im Klassenzimmer erworbene Wissen mit ihren Alltagserfahrungen verbinden können. Das Lernen im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy bietet viele Möglichkeiten, solche Verbindungen herzustellen. Wenn die Schülerinnen und Schüler diese Verbindungen schon früh auf ihrem Bildungsweg herstellen, werden sie anfangen, zu verstehen, wie Technologien ihr tägliches Leben beeinflussen.

Da das Lernen in diesem Bereich zahlreiche Beziehungen zu anderen Bereichen der PreK–2-Literacy aufweist, ist es besonders wichtig, eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy auf dieser frühen Entwicklungsstufe einzuführen. Lehrkräfte können sich auf die Gemeinsamkeiten zwischen Technik und Ingenieurwesen und anderen Inhaltsbereichen (z. B. Naturwissenschaften, Mathematik, Sozialkunde, Sprachunterricht, Gesundheit, Sport, Musik und bildende Kunst) konzentrieren.

Eine wirksame Methode ist die Verwendung von Themen aus verschiedenen und relevanten Geschichten in der Kinderliteratur, die die Möglichkeit bieten, thematische Verbindungen zwischen verschiedenen Bildungsinhalten kennenzulernen. Wenn Geschichten in der Klasse gelesen werden, könnten die Schülerinnen und Schüler visuelle Darstellungen, Zeichnungen oder Diagramme verwenden, um die möglicherweise vorhandenen technischen Systeme zu untersuchen und zu beschreiben. Die Schülerinnen und Schüler könnten eine Konstruktion mit verschiedenen Materialien oder Softwareanwendungen kopieren und analysieren, die am einfachsten zu verwenden sind, sich am besten dafür eignen oder die besten Ergebnisse liefern. Diskussionen im Klassenzimmer über die Geschichte könnten den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geben, Verbindungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Technologie, Ingenieurwesen, Mathematik und anderen Inhaltsbereichen herzustellen. Durch die Analyse von Strukturen beschäftigen sich die Kinder mit Konzepten wie Materialeigenschaften, Konstruktionstechniken und Messungen.

Durch diese Art von Aktivitäten in den Klassenstufen PreK–2 haben Kinder die Möglichkeit, zu erforschen, zu entdecken, Probleme zu lösen und Verbindungen zwischen Technik, Technologie und Ingenieurwesen sowie anderen Studienbereichen herzustellen; dies sind wichtige Komponenten im Lernprozess und im Verständnis für den Wert von Technologie und Ingenieurwesen für die Gesellschaft und Kultur. Durch die kombinierte Untersuchung dieser Inhaltsbereiche werden die Schülerinnen und Schüler eine brauchbare Wissensbasis entwickeln.

Um zu zeigen, dass sie die Fähigkeit haben, Wissen, Technik, Technologien und Verfahren integrativ zu nutzen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem der Lage sein:

- **STEL-3A. Wende Konzepten und Fertigkeiten aus technischen Bereichen an, sodass sie andere Konzepte und Fertigkeiten über mehrere Inhaltsbereiche verstärken.** Kinder könnten

Bausteine verwenden, um mathematische und systematische Denkfähigkeiten zu entwickeln, indem sie damit Gestaltungs-, Mess- und Strukturkonzepte entwickeln. Die gezielte Übertragung von im Sportunterricht erlernten Fähigkeiten wie Teamarbeit kann für die Problemlösung angewendet werden. Das Zeichnen im Kunstunterricht kann zu neuen Denkweisen über Design und visuelle Ästhetik führen.

- **STEL-3B. Stelle Verbindungen zwischen Technologie und menschlichen Erfahrungen her.** Kleine Kinder lernen das Zählen durch Kinderreime und das Spielen mit Anschauungsmaterial. Kinderbücher enthalten oft Grafiken und einige erzeugen sogar Töne. Lehrkräfte können hier z. B. Schülerinnen und Schüler auffordern, technologische Verbindungen in ihrem Zuhause, bei Reisen in Fahrzeugen und anderen Erfahrungen zu erkennen, und so jungen Schülerinnen und Schülern helfen, die Rolle der Technologie in ihrem Leben zu verstehen.

Klassenstufen 3 bis 5

Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 entwickeln ein Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Technik und anderen Inhaltsbereichen. Schülerinnen und Schüler bauen Selbstvertrauen auf, wenn sie erforschen, wie Dinge funktionieren und wie Technologie die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen beeinflusst. Bei der Entwicklung neuer Produkte und Maschinen werden oft mehrere Wissensbereiche kombiniert. Mechanische Teile wie Federn, Räder, Riemen, Zahnräder und Hebel können kombiniert werden, um komplexere Maschinen und Systeme, z. B. eine Achterbahn, herzustellen. Obwohl die Ingenieurwissenschaft ein eigener Wissensbereich mit einem eigenen Inhalt und einer eigenen Geschichte ist, ist sie von anderen Bereichen der Wissenschaft abhängig. Durch die Schaffung eines guten Umfelds in einem Lernlabor oder in einem Klassenzimmer, in dem diese Zusammenhänge sichtbar gemacht werden können, haben Lehrkräfte die Möglichkeit, Ideen organisch vom Unterricht in einem Fach zum Unterricht in

einem anderen Fach weiterzuentwickeln. Zum Beispiel faszinieren Raketen und der Weltraum viele Kinder und bieten Lehrkräften eine natürliche Gelegenheit, mehrere Unterrichtsfächer miteinander zu verbinden. Schülerinnen und Schüler könnten sich zunächst im naturwissenschaftlichen Unterricht mit der Oberfläche und den Bewegungen des Mondes beschäftigen. Als Nächstes könnten sie einen historischen Blick auf die Entwicklung verschiedener Raketen und die Erforschung des Weltraums werfen. Die Schülerinnen und Schüler könnten dann eine Rakete entwerfen und ein Modell bauen, um ihren Entwurf zu testen. Sie könnten ihre in einer früheren Mathematikstunde erlernten Schätzfähigkeiten anwenden, um zu bestimmen, wie weit ihre Rakete fliegen kann. Schließlich könnten sie eine kreative Arbeit schreiben, in der sie beschreiben, wie es wäre, eine Astronautin oder ein Astronaut zu sein, der im Weltraum unterwegs ist. Indem sie diese Verbindungen im Klassenzimmer sehen, gewinnen die Schülerinnen und Schüler ein klareres Verständnis für die Konzepte und Prinzipien, die sie lernen.

Um zu zeigen, dass sie die Fähigkeit haben, Wissen, Technik, Technologien und Verfahren integrativ zu nutzen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem der Lage sein:

- **STEL-3C. Zeige, wie einfache Technologien oft kombiniert werden, um komplexere Systeme zu bilden.** Schülerinnen und Schüler könnten einen kleinen Roboter konstruieren, um einfache Schaltkreise mit Drähten, einem Motor und einer Stromquelle (Batterie) zu demonstrieren. Ein weiteres Beispiel für eine solche Kombination wäre eine Rolltreppe. Hier sorgen Räder, Achsen, Riemenscheiben, Zahnräder, Riemen und ein Elektromotor in Kombination dafür, Menschen von einer Ebene auf eine andere zu bringen.
- **STEL-3D. Erläutere, wie verschiedene Beziehungen zwischen Technik, Technologie und Ingenieurwesen und anderen Wissenschaften bestehen können.** Schülerinnen und Schüler könnten lernen, Energie aus Wind umzuwandeln,

um einen Motor anzutreiben, oder wie mit sauren Früchten wie Orangen und Grapefruits eine LED betrieben werden kann. Bei dieser Art von Projekten werden Informationen aus der Mathematik, den Naturwissenschaften und anderen Bereichen genutzt, um ein tieferes Verständnis der Schülerinnen und Schüler für Technologie und technische Produkte und Systeme zu erreichen.

Klassenstufen 6 bis 8

Durch Unterricht im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy beginnen Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8, die Antwort auf die immerwährende Frage zu finden: ‚Wann werde ich dieses Wissen jemals anwenden?‘ Der Unterricht in diesem Bereich in der Mittelstufe hilft den Schülerinnen und Schülern, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Themen in Technik und Ingenieurwesen zu erkennen, Verbindungen zwischen verschiedenen Inhaltsbereichen herzustellen und Ideen und Konzepte strukturiert zu betrachten.

Schülerinnen und Schüler brauchen verschiedene Möglichkeiten, um zu erkunden, wie technologische Ideen, Prozesse, Produkte und Systeme miteinander verbunden sind. Im Gesundheitswesen beispielsweise überwachen technische Geräte das Herz, den Blutdruck und die Atmung und diese brauchen jeweils die richtige Software und Hardware, um richtig zu funktionieren. Wenn ein Aspekt eines Systems nicht richtig funktioniert, kann das gesamte System versagen oder zusammenbrechen.

Schülerinnen und Schüler sollten ermutigt werden, nach Beziehungen zwischen ihrem Unterricht im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy und anderen Inhaltsbereichen zu suchen. Im Geschichtsunterricht könnten Schülerinnen und Schüler beim Thema römische Geschichte z. B. römische Belagerungsmaschinen wie das Katapult und das Trebuchet untersuchen. Im Technikunterricht könnten sie diese Instrumente unter Verwendung der von den Römern genutzten Kraftquellen ent-

werfen und bauen. Die Leistung ihrer Katapulte und Trebuchets könnte mathematisch analysiert werden, um auf der Grundlage der gesammelten Daten optimale Lösungen zu ermitteln. Schülerinnen und Schüler sollten verstehen, dass das in einem Inhaltsbereich erworbene Wissen auf einen anderen Bereich angewendet werden und auch zur Erkundung verschiedener Berufe führen kann. Solche Erfahrungen ermöglichen es Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 6 bis 8, Systemdenken zu entwickeln, indem sie verstehen, wie Teile zusammenwirken, um ein Ganzes zu bilden.

Um zu zeigen, dass sie die Fähigkeit haben, Wissen, Technik, Technologien und Verfahren integrativ zu nutzen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem der Lage sein:

- **STEL-3E. Analysiere, wie verschiedene technische Systeme häufig mit wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Systemen wechselwirken.** Ein Navigationssystem in einem Lieferfahrzeug verwendet beispielsweise Sensoren, die Daten an das Distributionszentrum weiterleiten und Kundinnen und Kunden benachrichtigen, wenn ihre Produkte geliefert wurden. Wenn ein Paket an eine falsche Adresse geliefert wird, kann mithilfe von GPS-Daten genau festgestellt werden, an welchen Ort das Paket tatsächlich geliefert wurde.
- **STEL-3F. Wende ein Produkt, System oder Verfahren, das für eine bestimmte Umgebung entwickelt wurde, auf eine andere Umgebung an.** Technologietransfer ist ein kreativer Weg für Menschen, Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen. Beispielsweise wurde für die Raumsonde ‚Mars Viking‘ eine automatische Pumpe entwickelt, die auf Entwürfen aus dem Bereich der Biotechnologie basiert. Die Pumpe wurde später für die Verwendung als Insulinverabreichungsmechanismus modifiziert und bietet Patientinnen und Patienten eine Möglichkeit zur automatischen Blutzuckerregulierung.

- **STEL-3G. Erläutere, wie sich das in anderen Bereichen erworbene Wissen auf die Entwicklung technischer Produkte und Systeme auswirkt.** Zum Beispiel werden die in Kunst erworbenen Fähigkeiten bei der Gestaltung von Beispielen technischer Produkte und Systeme genutzt. Die Beschäftigung mit der Geschichte der Technik bietet den Menschen die Möglichkeit, aus vergangenen Erfolgen und Herausforderungen zu lernen.

Klassenstufen 9 bis 12

In den Klassenstufen 9 bis 12 bauen die Schülerinnen und Schüler auf ihren vorhandenen Kenntnissen in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen auf, um ein tieferes Verständnis für deren Integration mit und Verbindungen zwischen diesen und anderen Inhaltsbereichen zu entwickeln. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass technologische Entwicklungen und gesellschaftliche Interessen voneinander abhängig sind und dass wirtschaftliche, wissenschaftliche, politische und andere Überlegungen bei der Entwicklung von Technologien ebenso wichtig sind wie technische.

Die Verwendung eines Produkts oder Materials für einen anderen als den ursprünglichen Zweck wird als Technologietransfer bezeichnet. So wurde beispielsweise das Material, das für die Herstellung von Hubschrauberrotorblättern verwendet wird, zur Herstellung medizinischer Geräte genutzt, die in Arterien implantiert werden können, um Menschenleben zu retten. Technologietransfers wie dieser können zu weiteren Innovationen beitragen und große wirtschaftliche Auswirkungen haben.

Naturwissenschaften, Mathematik, Sprachwissenschaften, gesundheitsbezogene Fächer, bildende und darstellende Kunst sowie Sozialkunde bieten direkte Verbindungen zu Technologie und Technik. Lehrkräfte in diesen Inhaltsbereichen können Werkzeuge, Artefakte, Ressourcen, Simulationen und Computermodelle einsetzen, um das Wissen oder die Konzepte, die sie unterrichten, besser zu veranschaulichen. Zudem können Schülerinnen und

Schüler in einer Laborumgebung Inhalte aus anderen Bereichen nutzen, wenn sie sich mit Technik, Technologie und Ingenieurwesen beschäftigen.

Um zu zeigen, dass sie die Fähigkeit haben, Wissen, Technik, Technologien und Verfahren integrativ zu nutzen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem der Lage sein:

- **STEL-3H. Analysiere, wie es zum Technologietransfer kommt, wenn ein Nutzender eine bestehende Innovation, die für eine Funktion entwickelt wurde, für einen anderen Zweck einsetzt.** So wurden z. B. Verbundwerkstoffe aus der Luft- und Raumfahrt für die Entwicklung fortschrittlicher, leichter und einfacher zu manövrierender Rollstühle verwendet.
- **STEL-3I. Bewerte, wie die Technologie die Möglichkeiten für neue Produkte und Dienstleistungen durch die Globalisierung verbessert.** Entwicklungsländer haben in vielen Fällen das Festnetztelefon umgangen und die Mobilfunktechnologie eingeführt, die nicht nur für die Kommunikation, sondern auch für eine Vielzahl anderer Aufgaben, z. B. Bankgeschäfte, genutzt wird. Dieses Konzept wird als Nachzügler-Vorteil bezeichnet.
- **STEL-3J. Verbinde den technologischen Fortschritt mit dem Fortschritt in anderen Wissensbereichen und umgekehrt.** Zum Beispiel: Cloud-Datenspeicherung, die die Konnektivität physischer Geräte, bekannt als das Internet der Dinge (IoT), unterstützt. Dieser Fortschritt hat mathematische, wirtschaftliche, medizinische und andere Anwendungen der Datenerfassung, -analyse und -produktion in Echtzeit ermöglicht. Die erhöhte Geschwindigkeit der statistischen Analyse durch Computerprozessoren treibt technologische Innovationen voran.

3.4 Standard 4: Technikfolgen

Der Mensch lebt in einer technologischen Welt. Im Laufe der Zeit sind die von Menschen geschaffenen

technischen Artefakte und Systeme immer komplexer, leistungsfähiger und allgegenwärtiger geworden. Technologie beeinflusst jeden Aspekt des menschlichen Lebens, z. B. wo Menschen wohnen, was sie essen, wie sie reisen und wie sie kommunizieren. Viele der Auswirkungen von Technik und Technologie auf die Gesellschaft und die Umwelt werden allgemein als wünschenswert angesehen. Andere Auswirkungen werden jedoch als weniger wünschenswert betrachtet. Die technologische und technische Entwicklung kann die Ungleichheiten zwischen Menschen und Gesellschaften verstärken, indem eine Situation entsteht, in der eine Minderheit von Menschen und Gruppen einen Großteil der Ressourcen der Welt kontrolliert und nutzt. In dem Maße, wie sich der technologische Wandel weiter beschleunigt, stellt sich die Frage, ob die politischen und sozialen Normen der Gesellschaft tatsächlich Schritt halten können.

Vier gleichermaßen wichtige Schlüsselbegriffe bilden die Grundlage für das Verständnis und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Betrachtung der Auswirkungen von Technologie und Technik. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Schlüsselideen, wobei sie in den verschiedenen Klassenstufen immer spezifischer und komplexer werden. Ein Grundgedanke ist, dass **Technologie und Technik sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Gesellschaft und die Umwelt haben**. Diese negativen und positiven Auswirkungen treten in der Regel gleichzeitig auf. Mit anderen Worten: Keine Technologie ist nur vorteilhaft oder nur schädlich. Darüber hinaus kann eine Technologie, die für eine bestimmte Gruppe oder Situation vorteilhaft ist, ganz andere (und weniger positive) Auswirkungen auf andere haben. So haben beispielsweise viele Gemeinden entlang des Mississippi permanente Flutmauern errichtet, um ihre Städte vor verheerenden Überschwemmungen zu schützen. Diese Mauern können jedoch die Überschwemmungen in flussabwärts gelegenen Gebieten verstärken, in denen solche Barrieren fehlen.

Ein zweiter Grundgedanke ist, dass **Entscheidungen über Technologie und Technik eine Abwägung von Kosten, Nutzen und Kompromissen beinhalten**. Die einzelnen Bürgerinnen oder Bürger müssen in der Lage sein, verantwortungsbewusste, informierte Entscheidungen über die Entwicklung und den Einsatz solcher Technologien zu treffen. Jede Technologie hat sowohl Kosten als auch Nutzen (wirtschaftlich, gesellschaftlich, ökologisch). Die Abwägung dieser Kosten und Vorteile führt zu einer Entscheidung darüber, welche Kompromisse bei der endgültigen Gestaltung der Technologie berücksichtigt und priorisiert werden sollen. So hat beispielsweise die Computerisierung die Produktivität von Arbeitnehmenden in vielen Bereichen erhöht. Diese Systeme sind jedoch kostspielig, müssen häufig aktualisiert oder ersetzt werden und machen eine spezielle Bildung erforderlich. Auf sozialer Ebene hat die vernetzte Datenverarbeitung die Arbeitskultur neu definiert und die Grenze zwischen Arbeit und Freizeit verwischt.

Ein dritter zentraler Gedanke ist, dass **eine verantwortungsvolle Entwicklung und Nutzung von Technologie die nachhaltige Nutzung erneuerbarer und nicht-erneuerbarer Ressourcen sowie den Umgang mit Abfall voraussetzen**. Nachhaltige Entwicklung umfasst die Nutzung der natürlichen und menschlichen Ressourcen in einer Weise, die Gemeinschaften und Lebensqualität verbessert, zu einer gerechteren Verteilung der Ressourcen führt und sicherstellt, dass diese Ressourcen auch für künftige Generationen zur Verfügung stehen. Um Nachhaltigkeit zu erreichen, müssen diese Ziele in die technologische und technische Entscheidungsfindung einbezogen werden. So führt beispielsweise die steigende Nachfrage nach Transportmitteln zu Debatten über die Verteilung der Ressourcen und den gerechten Zugang. Dabei kann es um die vorherrschenden Kraftstoffarten und die Verkehrsträger, die vorrangig behandelt werden, sowie darum, wie die unterstützende Infrastruktur aussehen wird, gehen.

Ein vierter Grundgedanke dieses Kernstandards ist, dass **der Einsatz von Technologie grundlegende**

Veränderungen beim Menschen, in menschlichen Kulturen und in der Umwelt hervorrufen kann. Diese Veränderungen können zu Veränderungen in der Biologie und im Verhalten des Menschen führen. Sie können auch bestehende Kulturen auf unvorhergesehene und unbeabsichtigte Weise stören. Darüber hinaus hat der Einsatz von Technologie zu erheblichen Umweltveränderungen geführt, die jedoch aufgrund der Komplexität der ökologischen Systeme schwer vorherzusagen sind. Zum Beispiel haben die Mechanisierung und der Einsatz chemischer Düngemittel in der Landwirtschaft zu einer erheblichen Verringerung der Zahl der benötigten landwirtschaftlichen Arbeitskräfte geführt. Dies hatte eine zunehmende Verstädterung, veränderte Arbeitsmuster und einen Bevölkerungsrückgang in ländlichen Gebieten zur Folge. Aus ökologischer Sicht hat der Einsatz von Düngemitteln zwar die Nahrungsmittelproduktion erhöht, aber auch zu ökologischen Veränderungen wie der Verschmutzung von Boden und Wasser geführt.

Klassenstufen PreK–2

Kleine Kinder sind bereits vor der Einschulung mit einer Vielzahl von Technologien konfrontiert. Haushaltsgeräte, Spielzeug, Mobiltelefone, Computer und verschiedene Transportmittel sind für kleine Kinder alltäglich. Durch den Kontakt mit der Welt um sie herum nehmen kleine Kinder mehr als nur ihre unmittelbare Umgebung und ihr eigenes Leben wahr. Daher bietet diese Exposition eine natürliche Gelegenheit für kleine Kinder, sich mit Technologie zu beschäftigen, indem sie aufgefordert werden, darüber nachzudenken, wie sie alltägliche Technologien in ihrem Leben nutzen und wie ihre Interaktionen mit diesen Technologien die Welt um sie herum beeinflussen.

Die Schaffung eines Bewusstseins bei kleinen Kindern dafür, dass Technologien überall um sie herum vorhanden und mit dem Leben jedes Einzelnen verbunden sind, bildet eine Grundlage für die künftige Erforschung der Auswirkungen von Technologie und Technik. Diskussionen, Beobachtungen und Aktivitäten ermöglichen es kleinen Kindern, sich

Formen von Technologien in ihrem Leben bewusst zu machen, zu bemerken, wie sie verwendet werden und was sie effektiv macht. Kleine Kinder sollten verstehen, dass Technologie sowohl nützlich als auch schädlich für die Gesellschaft und die Umwelt sein kann. Wenn kleine Kinder dazu ermutigt werden, sowohl die positiven als auch die negativen Folgen des Technologieeinsatzes zu betrachten, werden sie dazu angeregt, die Fähigkeit zum kritischen Denken zu entwickeln, die für künftige Entscheidungen im Zusammenhang mit der Technologie wichtig sein wird. Zum Beispiel können Kinder verschiedene Materialien und Produkte untersuchen, um festzustellen, ob sie wiederverwendet oder recycelt werden können. Wenn sie zu dem Schluss kommen, dass ein Gegenstand wiederverwendet werden kann, können die Schülerinnen und Schüler Ideen entwickeln und planen, wie sie den Gegenstand wiederverwenden können. Wenn sie zu dem Schluss kommen, dass ein Gegenstand nicht wiederverwendet oder recycelt werden kann, können sie einen alternativen Plan zur Verringerung des Abfalls, der durch die Verwendung des Gegenstands entsteht, diskutieren. Aktivitäten wie diese helfen kleinen Kindern, zu verstehen, wie wichtig es ist, Materialien auf nachhaltige Weise zu verwenden. Kleine Kinder zeigen sich im Allgemeinen besorgt über die Umwelt und beteiligen sich oft mit Begeisterung an z. B. einem Recyclingprogramm.

Neben der Erforschung der positiven und negativen Auswirkungen der Technologie sollten kleine Kinder auch erforschen, wie der Einsatz von Technologie das tägliche Leben beeinflusst und verändert. Kleine Kinder können Technologien untersuchen, die sie im täglichen Leben verwenden, um Aufgaben zu erledigen. Beispielsweise können kleine Kinder verschiedene Schreibgeräte (z. B. einen großen Bleistift, einen normalen Bleistift, einen Marker, einen Finger auf einem Touchscreen) untersuchen, indem sie die verwendeten Materialien und die Abfälle, die bei der Pflege der Materialien entstehen (z. B. beim Anspitzen von Bleistiften), untersuchen. Durch Aktivitäten wie diese können kleine Kinder erkennen, wie wichtig die Technik für die meisten täglichen Aufgaben ist, wie eine Vielzahl von Technologien

eingesetzt werden kann, um denselben Bedarf zu decken, und wie die Entscheidung, welche Technologie zu verwenden, sich auf andere Menschen und die Umwelt auswirken kann.

Um ihr Verständnis für Technikfolgen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-4A. Erkläre, wie Technik bei alltäglichen Aufgaben hilft.** Kinder sollten in der Lage sein, Tätigkeiten zu nennen, denen sie regelmäßig nachgehen, und beschreiben können, wie verschiedene Technologien ihnen helfen, diese Aufgaben leichter zu erledigen. Der Vergleich des Lebensstils früherer Gesellschaften mit ihrem eigenen wird zahlreiche Beispiele liefern.
- **STEL-4B. Veranschauliche nützliche und schädliche Auswirkungen von Technologie.** Kinder können eine vertraute Technologie untersuchen und erklären, wie sie sowohl hilfreich als auch schädlich sein kann. Zum Beispiel kann ein Buntstift zum kreativen Zeichnen, aber auch zum Beschreiben von Schlafzimmerwänden verwendet werden.
- **STEL-4C. Vergleiche einfache Technologien, um ihre Auswirkungen zu bewerten.** Bei einer einfachen Aufgabe können Kinder entscheiden, welches Werkzeug sie für die Erledigung der Aufgabe verwenden wollen. Wenn ein Schüler oder eine Schülerin hilft, das Klassenzimmer nach einer Aktivität zu reinigen, muss er oder sie verschiedene Werkzeuge auswählen, um den Boden, die Schreibtische oder die Wände zu reinigen.
- **STEL-4D. Wähle Möglichkeiten zur Reduzierung, Wiederverwendung und zum Recycling von Ressourcen im täglichen Leben.** Kinder sollten Beispiele dafür geben, wie sie in der Schule oder zu Hause mit Abfall umgehen.
- **STEL-4E. Entwerfe neue Technologien, die dein tägliches Leben verbessern könnten.** Kinder

können Bedürfnisse oder Wünsche formulieren und mögliche Lösungen entwerfen, um ein Bedürfnis zu befriedigen. Lehrkräfte und Eltern können kleinen Kindern die Frage stellen: „Was wäre, wenn ...?“, z. B. ‚Was wäre, wenn du und deine Freunde auf dem Schulhof etwas bauen könntet, damit die Pausen mehr Spaß machen? Was würdet ihr bauen?‘.

Klassenstufen 3 bis 5

Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe sind begierig darauf, die Welt um sie herum zu verstehen – wie die Dinge funktionieren oder warum sie so funktionieren, wie sie es tun. Sie stellen Fragen wie: Warum fliegt ein Flugzeug und wie ist es aufgebaut? Wie haben die Menschen früher die Länge von Dingen gemessen? Wie funktionieren Rolltreppen und Aufzüge? Um zu lernen, wie Technologie und Technik ihren Lebensstil beeinflussen oder verändern, braucht es Zeit und Erfahrung. Wenn Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit bekommen, zu forschen, Fragen zu stellen und Ressourcen dafür zu nutzen, können sie Antworten auf ihre technischen Fragen finden, die wiederum zu weiteren Fragen führen werden. Durch Erforschen und Herstellen bauen die Schülerinnen und Schüler eine Grundlage auf, die ihnen bei der Problemlösung und beim Verständnis der Auswirkungen der Technologie nützlich sein wird.

Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe können sich mit Themen wie Verkehr, Flächennutzung, Umweltschutz, Kommunikation und anderen technologischen Themen befassen. Sie sollten analysieren, wie und warum Entscheidungen getroffen werden und wie der Einsatz von Technologie zu erwarteten und unerwarteten Ergebnissen führt. Beispielsweise können sie untersuchen, wie schlecht konzipierte oder gebaute Mülldeponien zu einer Verunreinigung des Bodens, des Wassers und der Luft in der Umgebung führen können. Die Schülerinnen und Schüler werden aus diesen Beispielen lernen, dass es für vernünftige Entscheidungen notwendig ist, sowohl die Kosten als auch die Technik zu betrachten. Es ist nicht zu früh für Schülerinnen und

Schüler, zu verstehen, wie sich Technologie auf ihr Leben ausgewirkt hat und wie sie auch auf technologische Entwicklungen Einfluss nehmen können.

Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 Fragen dazu stellen, wie sich die Technologie auf den Menschen und die Umwelt auswirkt, sowohl in positiver als auch in negativer Hinsicht. Sie sollten die Möglichkeit haben, zu untersuchen, wie sich die Technologie auf ihr Leben auswirkt. Wenn sie beispielsweise verschiedene Arten des Schulwegs (z. B. Schulbus, zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Auto) vergleichen, können sie die Auswirkungen technologischer Entscheidungen erkunden.

Um ihr Verständnis für Technikfolgen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-4F. Beschreibe die nützlichen und schädlichen Auswirkungen von Technologie.** Schülerinnen und Schüler können beginnen, die Idee der beabsichtigten, unbeabsichtigten, positiven und negativen Auswirkungen von Technologien genauer zu untersuchen. Schülerinnen und Schüler in diesem Alter lernen, wie ihr eigenes Leben durch die Technologie beeinflusst wurde und wie technologische Prozesse unerwünschte Abfälle und Emissionen erzeugen.
- **STEL-4G. Beurteile Technologien, um zu entscheiden, welche am besten geeignet ist, um eine bestimmte Aufgabe oder einen Bedarf zu erfüllen.** Indem sie sich mit der Funktion und dem Einsatz verschiedener altersgerechter Werkzeuge/Technologien auseinandersetzen, können Schülerinnen und Schüler bestimmen, welche Werkzeuge für eine bestimmte Aufgabe am besten geeignet sind, und ihre Auswahl begründen.
- **STEL-4H. Klassifiziere die zur Herstellung von Technologien verwendeten Ressourcen als erneuerbar oder nicht-erneuerbar.** Eine Einführung in die materiellen Ressourcen und deren Rückgewinnung hilft Schülerinnen und Schülern, das

Konzept der Erneuerbarkeit und seine Bedeutung verstehen und mit Konzepten verknüpfen zu können, die sie in den Naturwissenschaften lernen.

- **STEL-4I. Erläutere, warum der verantwortungsvolle Einsatz von Technologie eine nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen erfordert.** Aufbauend auf ihrem anfänglichen Verständnis von materiellen Ressourcen können Schülerinnen und Schüler Konzepte der Erneuerbarkeit, Knappheit und Ressourcennachfrage mit der nachhaltigen Nutzung verknüpfen, die als Verfügbarkeit einer Ressource für die Nutzung durch zukünftige Generationen definiert ist.
- **STEL-4J. Sage voraus, wie bestimmte Aspekte des täglichen Lebens ohne bestimmte Technologien anders aussehen würden.** Historische Beispiele für das tägliche Leben vor modernen Technologien wie Flugzeugen, Computern, moderner Landwirtschaft, sanitären Einrichtungen usw. wird Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geben, darüber nachzudenken, wie sich die Technologie auf ihr Leben ausgewirkt hat.

Klassenstufen 6 bis 8

Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen können sich mit umfassenderen Fragen der Technologie befassen, einschließlich der kulturellen, sozialen, wirtschaftlichen, politischen und ökologischen Auswirkungen. Sie interessieren sich mehr dafür, wie der Einsatz von Technologie ihr eigenes Leben und das Leben anderer beeinflusst. Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen sollten beginnen, kritischer über die unterschiedlichen Auswirkungen der Technologie nachzudenken, und lernen, die Vor- und Nachteile einer bestimmten Technologie objektiv zu betrachten, um fundierte Entscheidungen treffen zu können. Sie können untersuchen, wie sich die Technologie auf die Gesellschaft und die Umwelt ausgewirkt hat, sowohl in positiver als auch in negativer Hinsicht.

Schülerinnen und Schüler könnten untersuchen, wie ein Abfallprodukt recycelt, wiederverwendet oder in ein neues Produkt umgewandelt wird. Durch die Verfolgung des Lebenszyklus eines Produkts werden sie in der Lage sein, die Auswirkungen technologischer Entscheidungen zu erkennen. Beispielsweise wurden Einwegplastikprodukte als bequeme und kostengünstige Möglichkeit entwickelt, um Bedürfnisse zu befriedigen (z. B. Wasserflaschen, Verpackungen). Zu den unbeabsichtigten Folgen dieser Entwicklung gehören jedoch Mikroplastik in der Nahrungskette und zunehmende Probleme bei der Müllbeseitigung.

Darüber hinaus sollten Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen die Möglichkeit erhalten, kritisches Denken anzuwenden, um alternative Strategien zu entwickeln, die die negativen Folgen technologischer Entscheidungen abmildern. So ist beispielsweise der mangelnde Zugang zu frischen, gesunden Lebensmitteln in einigen Gebieten ein großes Problem, das zu sogenannten „Food Deserts“²⁹ führt. Indem sie zunächst die Faktoren untersuchen, die mit diesem Phänomen in Verbindung gebracht werden, können Schülerinnen und Schüler alternative Lösungen entwickeln (z. B. verbesserte Transportmöglichkeiten für die Lieferung und den Zugang zu Lebensmitteln, Hinterhof- oder Gemeinschaftsgärten).

Um ihr Verständnis für Technikfolgen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-4K. Untersuche, inwiefern Technologie gleichzeitig positive und negative Auswirkungen haben kann.** Die Form und die Funktion von Technologien werden durch die Kriterien bestimmt, die bei der Entwicklung der Technologie berücksichtigt werden. Selbst nützliche und gut gemeinte Lösungen können negative Auswirkungen haben. So führten beispielsweise Toiletten mit Wasserspülung zu einer Verbesserung von

²⁹ „Food Desert“ ist ein Begriff, der in der Stadt- und Raumplanung sowie in der Ernährungssoziologie verwendet wird. Er bezeichnet Gebiete, in denen es den Bewohnern schwerfällt, Zugang zu erschwinglichen und gesunden Lebensmitteln zu erlangen.

Gesundheit und Hygiene; gleichzeitig haben sie einen Bedarf an Wasseraufbereitungsstrategien geschaffen, die große Mengen an Energie und Frischwasser verbrauchen. Diese Art von Beispielen bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, die Bedeutung von Planungskriterien zu erkennen.

- **STEL-4L. Analysiere, wie die Entwicklung und Nutzung von Technologien erneuerbare und nicht erneuerbare Ressourcen verbraucht und Abfall erzeugt.** Aufbauend auf dem Wissen von Schülerinnen und Schülern über materielle Ressourcen und auf ihrem wachsenden Verständnis der nachhaltigen Ressourcennutzung ergibt sich die Möglichkeit, sich mit den Methoden zum Zugang zu Ressourcen (z. B. Ernte, Bergbau, Bohrungen) und den dabei entstehenden Nebenprodukten zu beschäftigen.
- **STEL-4M. Entwickle Strategien zur Reduzierung, Wiederverwendung und zum Recycling von Abfällen, die bei der Herstellung und Nutzung von Technologie entstehen.** Anhand konkreter Beispiele in ihrem Zuhause oder in ihrer Gemeinde sollten Schülerinnen und Schüler in diesen Klassenstufen in der Lage sein, verschiedene Optionen zur Minimierung oder zum Management der Ressourcennutzung abzuwägen und praktische Strategien zur Abfallreduzierung auszuwählen oder zu entwickeln.
- **STEL-4N. Analysiere Beispiele von Technologien, die die Art und Weise, wie Menschen denken, interagieren und kommunizieren, verändert haben.** In diesem Alter sollten Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, spezifische Beispiele von Technologien zu identifizieren und zu diskutieren, die zu grundlegenden Veränderungen beim Menschen geführt haben. Zu den offensichtlichen Beispielen gehören Dinge wie soziale Medien und Smartphones; die Schülerinnen und Schüler sollten ermutigt werden, „tiefer zu graben“ und weniger offensichtliche Technologien zu identifizieren.

- **STEL-4O. Stelle Hypothesen darüber auf, welche alternativen Ergebnisse (individuell, kulturell und/oder ökologisch) sich ergeben hätten, wenn eine andere technische Lösung gewählt worden wäre.** Die Entwicklung von Technologien geht in der Regel von einer Reihe von Kriterien aus, die durch die Analyse eines Bedarfs oder einer Nachfrage ermittelt wurden. Anhand konkreter technologischer Beispiele können Schülerinnen und Schüler die positiven und negativen Folgen ihres Einsatzes untersuchen und überlegen, wie diese Folgen hätten verändert werden können, wenn andere Gestaltungskriterien im Vordergrund gestanden hätten.

Klassenstufen 9 bis 12

Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen entwickeln mehr Fachwissen und können aufgefordert werden, tiefer darüber nachzudenken, wie Technologien die Gesellschaft und die Umwelt beeinflussen. Ihr Verständnis der Welt kann über ihre unmittelbaren Lebensumstände hinausgehen. Sie können Informationen aus verschiedenen Disziplinen zusammenfassen, um Verbindungen zwischen ihren eigenen Erfahrungen und der Gesellschaft im Allgemeinen zu finden. Ausgehend von dieser Grundlage werden sie lernen, dass die durch die Technologie verursachten Veränderungen oft von dem Wunsch angetrieben sind, das Leben zu verbessern, aber dieses Ideal wird nicht immer erfüllt wird. Einige Produkte und Systeme sind als Ergebnis neuer technologischer Erkenntnisse oder Techniken entstanden, ohne dass ein aktueller Bedarf berücksichtigt wurde.

Schülerinnen und Schüler können neu entstehende Technologien erforschen und die Fähigkeit entwickeln, ihre möglichen Auswirkungen systematisch, objektiv und ethisch zu bewerten. Sie sollten lernen, zu argumentieren und fundierte Entscheidungen zu treffen, indem sie kritische Fragen stellen. Ziel ist es, sie mit dem Wissen und den Denkgewohnheiten auszustatten, um die Auswirkungen der Technologie zu untersuchen und ihre Schlussfolgerungen in Bezug auf den Wert der Technologie für sich

selbst und die Gesellschaft zu begründen. Schülerinnen und Schüler könnten z. B. untersuchen, wie Kommunikationsgeräte die Art und Weise, wie sie mit anderen in Kontakt treten, geformt (oder verändert) haben. Sie könnten die größeren gesellschaftlichen Auswirkungen untersuchen, die sich aus der daraus resultierenden Kultur der ständigen, fast sofortigen Kommunikation ergeben. Schülerinnen und Schüler könnten die Umweltauswirkungen auf den Ressourcenverbrauch bewerten, die sich aus dem Push-Marketing-Ansatz ergeben, mit dem beispielsweise Mobiltelefonhersteller die Nachfrage der Verbraucherinnen und Verbraucher steigern wollen.

Darüber hinaus können Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen die vielfältigen Kenntnisse nutzen, um die Auswirkungen der Technologie auf allgemeinere Themen wie soziale Gerechtigkeit, Gleichberechtigung und Nachhaltigkeit besser zu verstehen. Beispielsweise können Fortschritte in der Medizintechnik die menschlichen Fähigkeiten in einer Weise erweitern, die die Grenze zwischen Menschen und Maschine verwischt (z. B. Cochlea-Implantate, in das menschliche Nervensystem integrierte Prothesen, Implantation von Computerchips in das Gehirn). Ist dies wünschenswert?

Um ihr Verständnis für Technikfolgen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-4P. Bewerte die Auswirkungen von Technologie auf den Einzelnen, die Gesellschaft und die Umwelt.** Eine Vielzahl von Ansätzen und Ressourcen kann von Schülerinnen und Schülern verwendet werden, wenn sie aufgefordert werden, bestimmte Technologien zu bewerten. Dazu gehören u. a. Technikbewertung, Kosten-Nutzen-Analyse, Risikobewertung, Umweltverträglichkeitsanalyse und Fallstudien. Durch die Anwendung von Bewertungstechniken können Schülerinnen und Schüler die Beziehungen zwischen Ressourcen und Technologien analysieren, um die Bemühungen um Nachhaltigkeit zu verbessern. Dieser Prozess sollte von einem Ver-

ständnis für die Bedeutung einer ganzheitlichen Bewertung von Technologien begleitet sein.

- **STEL-4Q. Untersuche, ob bestehende und vorgeschlagene Technologien die Ressourcen nachhaltig nutzen.** Durch Anwendung der oben beschriebenen Bewertungsinstrumente können Schülerinnen und Schüler analysieren, wie die für die Entwicklung und den Betrieb einer bestimmten Technologie verwendeten Ressourcen verbessert werden können, um die Nachhaltigkeit der Technologie zu erhöhen. Sie könnten z. B. untersuchen, wie sie selbst derzeit zur und von der Schule transportiert werden, und Wege finden, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Zu den Strategien könnten die Förderung des Fahrradfahrens durch die Installation überdachter Fahrradständer, die Umleitung von Fahrzeugen zur Vermeidung langer Wartezeiten, die Änderung der Fahrpläne von Schulbussen zur Vermeidung langer Leerlaufzeiten usw. gehören.
- **STEL-4R. Bewerte eine Technologie, die den Ressourcenverbrauch und die daraus resultierende Verschwendung minimiert, um ein Ziel zu erreichen.** Durch die Konzentration auf ein ‚komplexes Problem‘ – ein Problem, das komplex ist, mehrere mögliche Lösungen hat und die Berücksichtigung verschiedener Perspektiven erfordert – können Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, einen Prozess der Problemdefinition, -untersuchung und -gestaltung zu durchlaufen, um technische Lösungen zu finden, die für die Gesellschaft und die Umwelt vorteilhafter sind.
- **STEL-4S. Entwickle eine Lösung für ein technologisches Problem, die die geringsten negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesellschaft hat.** Schülerinnen und Schüler können aufgefordert werden, sich mit der Identifizierung, Analyse, Untersuchung und Gestaltung von Problemen zu befassen, um technologische Lösungen zu finden, die die Lebensbedingungen der Menschen oder das Wohlbefinden von

Einzelpersonen oder Mitgliedern einer Gruppe verbessern.

- **STEL-4T. Bewerte die Auswirkungen von Technologien auf die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit.** Mithilfe von Evaluierungsinstrumenten können bestehende oder für die Zukunft vorgeschlagene Technologien auf ihre positiven und negativen Auswirkungen auf den Menschen hin untersucht werden. So wurde beispielsweise die CRISPR-Technologie als Instrument zur Veränderung des menschlichen Erbguts beworben, um das Risiko von Erbkrankheiten zu verringern. Gleichzeitig gibt es medizinische und ethische Bedenken hinsichtlich der Anwendung dieser Technologie am Menschen.

3.5 Standard 5: Gesellschaftlicher Einfluss auf technologische Entwicklungen

Gesellschaften beeinflussen die technologische Entwicklung. Sie sind durch gemeinsame Elemente wie gemeinsame Werte, differenzierte Rollen und kulturelle Normen sowie durch Einheiten wie Gemeinschaftseinrichtungen, Organisationen und Unternehmen gekennzeichnet. Um die weitreichenden gesellschaftlichen Einflüsse auf den technologischen Wandel zu erfassen, müssen historische und aktuelle Fortschritte in der Technologie und im Ingenieurwesen, einer Landschaft, die ständig konvergiert und sich verändert, analysiert werden. Die technologische Entwicklung erfolgt häufig aufgrund von Veränderungen in den Bereichen Bildung, Verkehr, Kommunikation und Landwirtschaft sowie anderen Bereichen, die mit der menschlichen Existenz zusammenhängen. Technologie und Technik werden auch in Zukunft die Art und Weise, wie Menschen leben, verändern. Das Verständnis von Schülerinnen und Schülern für diese Kraft muss über das Lernen historischer Zeitlinien, Daten wichtiger Erfindungen und die Namen prominenter Erfinderinnen und Erfinder hinausgehen.

Drei Grundgedanken bilden die Grundlage für das Verständnis und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf den Einfluss der Gesell-

schaft auf die technologische Entwicklung. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Schlüsselideen, wobei die Spezifität und Komplexität in den verschiedenen Klassenstufen zunimmt. Ein Grundgedanke ist, dass **die Bedürfnisse und Wünsche der Gesellschaft die Technik, die Technologie und das Ingenieurwesen oft stärker prägen als die individuellen Bedürfnisse und Wünsche.** Technologische Innovationen werden von Kulturen, Organisationen sowie den Bürgerinnen und Bürgern, die sie nutzen, geformt und beeinflusst. Staatliche Vorschriften, Subventionen und finanzielle Anreize können einige Technologien begünstigen und den Fortschritt anderer behindern. So wurde beispielsweise der Individualverkehr in den USA stark durch staatliche Maßnahmen beeinflusst, die die Einführung des privaten Automobils förderten; zu diesen Maßnahmen gehörte der Interstate Defense and Highways Act von 1956. Daraufhin nahm das Interesse an anderen öffentlichen Verkehrsmitteln und deren Finanzierung in den folgenden Jahrzehnten in vielen Gebieten des Landes ab.

Ein zweiter Grundgedanke ist, dass **die Werte und Überzeugungen einer Gesellschaft die Einstellung zur Technologie prägen.** Wenn eine Technologie von einer Gesellschaft als nützlich oder wünschenswert angesehen wird, wird sie wahrscheinlich auch genutzt und weiterentwickelt. Die Entwicklung eines Produkts oder Systems hängt mit den Wünschen, den Interessen und der Akzeptanz des Einzelnen zusammen, wird aber oft auch durch kollektive Werte und Überzeugungen geprägt. Diese Werte und Überzeugungen spiegeln sich häufig in den Gesetzen, Strategien und Verfahren wider, die eine Gesellschaft zur Kontrolle und Regulierung technischer Produkte, Systeme und Prozesse anwendet. Manchmal ist eine Industrie in der Lage, ein Produkt oder System zu liefern, das dann aber aufgrund von Missverständnissen, Ängsten oder Vorsicht nicht genutzt oder gar nicht erst entwickelt wird. So werden beispielsweise gentechnisch veränderte Pflanzen in den USA stärker akzeptiert als in Europa, wo die Ungewissheit über die Sicherheit dieser Lebensmittel für eine staatliche Einschränkung der Nutzung geführt hat.

Ein dritter Grundgedanke ist, dass sich **Gesellschaften in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden, was sich auf die Verbreitung technologischer Innovationen auswirkt**. Eine Technologie, die in einer fortschrittlichen Gesellschaft eingeführt wurde, ist möglicherweise für eine Entwicklungsgesellschaft nicht geeignet. Eine Technologie muss für die sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen einer Gesellschaft geeignet und angemessen sein und auch die Nachhaltigkeit fördern (d. h. vernünftige Umweltbilanz und Selbstversorgung derjenigen, die sie nutzen). Die Vereinten Nationen haben siebzehn Ziele für eine nachhaltige Entwicklung formuliert, um globale Herausforderungen anzugehen, von denen sich viele mit technologischen Ungleichheiten zwischen Gesellschaften befassen.

Klassenstufen PreK–2

Kleine Kinder sind daran interessiert, verschiedene technologische Entwicklungen und Systeme kennenzulernen, die ihre eigenen Bedürfnisse und Wünsche erfüllen können. Dieses Interesse ist ein guter Ausgangspunkt, um zu vermitteln, wie Produkte und Systeme entworfen werden. Kleine Kinder könnten erforschen, wie der Wunsch, nach Einbruch der Dunkelheit sehen zu können, und das Bedürfnis nach sichereren, zuverlässigeren Lichtquellen zur Verwendung von Feuer, Kerzen und schließlich der elektrischen Glühlampe führte. Die Glühlampe verdrängte die Kerze und die Gaslampe als Hauptlichtquelle in Innenräumen, da sie mehrere wünschenswerte Eigenschaften hatte: Sie war sauberer, weniger brandgefährlich und bot ein helleres, gleichmäßigeres und natürlicheres Licht. Dieses Beispiel zeigt, dass bevorzugte Eigenschaften die Produktentwicklung mithilfe von Mathematik, Naturwissenschaft und Technik beeinflussen.

Um ihr Verständnis für den gesellschaftlichen Einfluss auf technologische Entwicklungen aufzuzeigen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-5A. Erläutere die Bedürfnisse und Wünsche des Einzelnen und der Gesellschaft.**

Zu den menschlichen Grundbedürfnissen gehören Nahrung, Wasser und Unterkunft. Darüber hinaus können Kinder über andere Bedürfnisse und Wünsche sprechen, die zu neuen Technologien geführt haben. Dies hilft ihnen, zu erkennen, dass sich die Gedanken, Gefühle, Bedürfnisse und Wünsche anderer Menschen von ihren eigenen unterscheiden können.

- **STEL-5B. Untersuche, wie Technologien entwickelt werden, um individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.** Die Menschen brauchen z. B. sauberes, sicheres Wasser, also werden Systeme entwickelt, um Häuser und Schulen mit Wasser zu versorgen. Von Menschenhand geschaffene Technologien erfordern ein gewisses Maß an Wissen über die natürliche Welt und verwenden auch Materialien aus dieser Welt.
- **STEL-5C. Untersuche den Einsatz von Technologien im Haushalt und in der Gemeinde.** Kinder lernen, ihre Sinne zu nutzen, um Daten zu sammeln und Beobachtungen über Technologien in ihrer täglichen Umgebung zu machen. Toaster, Mikrowellen, Herde und Kühlschränke können verwendet werden, um ein Frühstück zuzubereiten, bevor sie in den westlichen Kulturen zur Schule gehen. In anderen Gesellschaften werden für den gleichen Zweck unterschiedliche Techniken zur Aufbewahrung und Zubereitung von Lebensmitteln eingesetzt.

Klassenstufen 3 bis 5

Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 lernen, dass gesellschaftliche Bedürfnisse und Wünsche die Entwicklung von Technologie direkt beeinflussen. Erfindungen und Innovationen werden von der gesellschaftlichen Nachfrage angetrieben. Wenn eine Gesellschaft eine technologische Entwicklung für wertvoll hält, wird das Produkt oder System weiterhin gefragt sein. Wenn Menschen das Interesse an einem bestimmten Produkt oder System verlieren, werden die Unternehmen es nicht entwickeln und es kann vom Markt verschwinden.

Schülerinnen und Schüler auf dieser Stufe können erkennen, wie die Entwicklung von Konsumgütern und das Marketing sie persönlich betreffen. Wenn ein neues Müsli im Fernsehen oder über andere beliebte Kommunikationsmittel vermarktet wird, teilen Kinder ihr Interesse natürlich mit ihren Freunden und Eltern, was zu einem erhöhten Absatz führt. Wenn ein neues Spielzeug in der Weihnachtszeit zum Verkaufsschlager wird, kann die explodierende Nachfrage dazu führen, dass die Hersteller nicht auf den Anstieg der Verkaufsaufträge vorbereitet sind, was zu Zeitungsberichten über Eltern führt, die sich um das letzte Spielzeug in einem Geschäft streiten oder in abgelegene Orte reisen, um das besondere Spielzeug zu kaufen. Wenn das Spielzeug aus der Mode kommt, kann es sein, dass die Fabriken zu viel davon produzieren, was zu Preisrückgang und zu Überbeständen führt, die an Discounter geliefert werden. Eltern und Lehrkräfte können mit den Kindern über die Auswirkungen des Marketings und die sogenannten Auf- und Abschwungszyklen sprechen.

Um ihr Verständnis für den gesellschaftlichen Einfluss auf technologische Entwicklungen aufzuzeigen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-5D. Bestimme Faktoren, die Veränderungen in technologischen Systemen oder der Infrastruktur einer Gesellschaft beeinflussen.** Individuelle, familiäre und gemeinschaftliche Werte sowie ökologische und wirtschaftliche Faktoren können die Entwicklung von Technologien fördern oder einschränken. Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass Produkte und Systeme für eine Vielzahl von Zwecken, unter anderem zur Erzielung von Gewinnen entwickelt und vermarktet werden. Manchmal gehen diese Zwecke auf Kosten der Gesundheit von Mensch und Umwelt.
- **STEL-5E. Erläutere, wie Technologien entwickelt oder angepasst werden, wenn sich individuelle oder gesellschaftliche Bedürfnisse und Wünsche ändern.** Nützlichere und effizientere Technologien werden entwickelt, wenn ein ge-

sellchaftlicher Bedarf besteht. Wenn sich etwas in der Umwelt ändert, werden Technologien als Reaktion auf die neuen Bedingungen entwickelt. Wenn beispielsweise eine örtliche Wasserquelle versiegt, müssen alternative Lösungen für die Wasseraufbereitung und den Wassertransport entwickelt werden. Ingenieurinnen und Ingenieure verbessern bestehende Technologien, indem sie sie so konzipieren und gestalten, dass sie neuen Einschränkungen und Anforderungen gerecht werden.

Klassenstufen 6 bis 8

Obwohl Technologie die Gesellschaft verändert, spielt die Gesellschaft auch eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung und Nutzung von Technologie. Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 lernen, dass Erfindungen und Innovationen entwickelt werden, um die Bedürfnisse und Interessen von Einzelpersonen und Gemeinschaften zu erfüllen. Schülerinnen und Schüler sollten die Möglichkeit haben, technologische Entwicklungen, die einen bedeutenden Einfluss auf die Gesellschaft haben, zu diskutieren und zu erforschen. Diese Entwicklungen finden in den Bereichen Automatisierung, künstliche Intelligenz, Computer, Robotik, Verkehr, Bauwesen, Fertigung, Energie und Strom, Biotechnologie, Landwirtschaft statt.

Gesellschaften konzentrieren sich auf Verbesserungen, um Dinge schneller, stärker, effizienter und kostengünstiger zu machen. Verbraucherinnen und Verbraucher erwarten, dass diese Verbesserungen ihr Leben einfacher und kostengünstiger machen, aber manchmal führen die Verbesserungen zu neuen Problemen, die gelöst werden müssen. So haben beispielsweise Verbesserungen der Verkehrssysteme das Reisen um die Welt erleichtert, aber auch historische Orte mit Touristen überbelegt. Zudem verbreiteten sich Krankheiten so weltweit. Wenn solche Probleme auftreten, werfen Verantwortliche oft einen Blick auf andere Regionen, um zu sehen, ob andere Gesellschaften auf ähnliche Probleme gestoßen sind und diese gelöst haben.

Um ihr Verständnis für den gesellschaftlichen Einfluss auf technologische Entwicklungen aufzuzeigen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-5F. Analysiere, wie eine Erfindung oder Innovation durch ihren historischen Kontext beeinflusst wurde.** Die Merkmale von Technologien sind das Ergebnis der Umstände, unter denen sie entwickelt wurden. Wirtschaftliche, politische, kulturelle und umweltbedingte Faktoren schaffen historische Kontexte und bestimmen die Gestaltung von Technologie und den Grad der Akzeptanz. So hat sich die Beleuchtungstechnologie in den letzten zehn Jahren erheblich weiterentwickelt, wobei LED-Lampen sowohl Glühlampen als auch Leuchtstofflampen weitgehend ersetzt haben, weil die Menschen effizientere, langlebigere und umweltfreundlichere Beleuchtungslösungen suchen.
- **STEL-5G. Bewerte Ergebnisse auf der Grundlage verschiedener Perspektiven als Teil eines Entscheidungsprozesses, der die Notwendigkeit sorgfältiger Kompromisse zwischen konkurrierenden Faktoren anerkennt.** Technologische Fortschritte bringen sowohl Nutzen als auch Folgen mit sich. Eine Abwägung erfordert einen Ausgleich, bei dem auf etwas verzichtet wird, um etwas anderes, Angestrebtes zu erreichen. Schülerinnen und Schüler sollten erkennen, dass die Aufrechterhaltung unserer Gesellschaft durch die Einführung neuer und innovativer Produkte zu einer Gestaltung führen kann, die auf geplanter Obsoleszenz basiert und zu einem nicht nachhaltigen Konsumverhalten beiträgt.

Klassenstufen 9 bis 12

Technik und Technologie wird von den Institutionen der Gesellschaft beeinflusst, unter anderem von Regierungs-, Geschäfts- und Bildungseinrichtungen. Diese gesellschaftlichen Institutionen beeinflussen, wie Menschen lernen, leben, arbeiten und spielen. Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 sollten erkennen, welchen Einfluss die Gesellschaft

auf die Technologie hat und wie gesellschaftliche Entscheidungen die Entwicklung eines Produkts oder Systems direkt beeinflussen können.

Schülerinnen und Schüler sollten untersuchen, wie sich die öffentliche Meinung direkt auf den Markt auswirkt. Wenn ein Produkt oder System nicht positiv bewertet wird, müssen die Entwicklerinnen und Entwickler entscheiden, ob sie es weiterproduzieren oder verändern wollen oder ob sie ihre Entwicklung/Herstellung stoppen wollen. Auch moralische und ethische Überlegungen spielen eine Rolle. Die Akzeptanz oder Ablehnung durch die Gesellschaft entscheidet oft über den Erfolg oder Misserfolg neuer Technologien.

Um ihr Verständnis für den gesellschaftlichen Einfluss auf technologische Entwicklungen aufzuzeigen, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-5H. Bewerte eine technologische Innovation, die aus einem einzigartigen Bedürfnis oder Wunsch einer bestimmten Gesellschaft entstanden ist.** Wenn Ingenieure technische Systeme modifizieren, werden die Materialien oft auf der Grundlage lokaler Umweltfaktoren, lokal verfügbarer Materialien und der Kosten ausgewählt. Transportmittel unterscheiden sich je nach Bevölkerungsdichte, Verfügbarkeit, Sicherheit, Geschwindigkeit, Geografie und Kosten. Die Auswahl der Energiequellen erfolgt nach Gesichtspunkten wie Nähe zur Quelle, Kosteneffizienz und Umweltauswirkungen.
- **STEL-5I. Bewerte eine technologische Innovation, die auf gesellschaftlichen Widerstand gestoßen ist, der sich auf ihre Entwicklung ausgewirkt hat.** Im Laufe der Geschichte haben Gesellschaften moralische, ethische und politische Entscheidungen getroffen, die sich auf die Entwicklung technischer Lösungen und Innovationen auswirken. Manchmal sind diese Entscheidungen umstritten und vielschichtig. Gesellschaften unterscheiden sich in ihren Normen und Methoden zur Lösung von Problemen, die entstehen,

wenn widersprüchliche Werte einen Konsens ausschließen. In Deutschland wurde beispielsweise beschlossen, die Nutzung der Kernenergie aufgrund des öffentlichen Widerstands gegen diese Energiequelle ganz einzustellen.

- **STEL-5J. Entwerfe eine geeignete Technologie für den Einsatz in einer anderen Kultur.** Schülerinnen und Schüler können davon profitieren, wenn sie die Beziehungen zur Technologie in anderen Kulturen untersuchen, z. B. den (fehlenden) Zugang zu Technologien in bestimmten Kulturen. Beispielsweise haben Menschen an vielen Orten der Welt keinen Zugang zu sauberem Wasser. Die Strategien zur Lösung dieses Problems variieren je nach den Ressourcen und Umständen eines bestimmten Ortes.

3.6 Standard 6: Technikgeschichte

Die ersten Technologien waren sehr einfache Werkzeuge: Steine oder andere natürliche Gegenstände, die so verändert wurden, dass sie dem Zweck ihres Schöpfers besser dienten. Im Laufe der Zeit wurden die Menschen immer raffinierter. Sie lernten, Rohstoffe herzustellen und zu verarbeiten, die es in der Natur nicht gab – Bronze und Stahl, Keramik, Glas, Papier und Tinte. Diese neuen Materialien ermöglichten es, bestehende Werkzeuge zu verbessern und völlig neue Technologien zu entwickeln. Die Menschen lernten, einzelne Teile zu Systemen zusammenzufügen, z. B. Rad und Achse, Hebel, Pfeil und Bogen, die Aufgaben erfüllen konnten, die eine einzelne Komponente nicht konnte. Die Arbeitsteilung ermöglichte es Menschen, zu Spezialistinnen und Spezialisten zu werden und bei der Herstellung von Produkten, die zu kompliziert und anspruchsvoll waren, als dass es Einzelpersonen bei der Arbeit im Alleingang hätte schaffen können, zusammenzuarbeiten.

Drei gleichermaßen wichtige Gedanken bilden die Grundlage für das Verständnis und die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf die Technikgeschichte. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Gedanken, wobei die

Spezifität und Komplexität in den einzelnen Klassenstufen zunimmt. Ein Grundgedanke ist, dass sich das technische und technologische Wissen zusammen mit anderen Bereichen während der Renaissance beschleunigte. Naturwissenschaftliches und mathematisches Wissen öffnete den Weg zu einer neuen Art von Entwicklungen und beruhte nicht nur auf Versuch und Irrtum, sondern auch darauf, dass modelliert und vorhergesagt werden konnte, wie etwas funktionieren sollte, noch bevor es gebaut wurde. Darüber hinaus entwickelten sich die bildenden und darstellenden Künste weiter und schufen eine größere Wertschätzung für die Ästhetik, die das Produktdesign beeinflusste, und die globalisierte Forschung schuf einen kulturellen Austausch von Wissen, Werkzeugen und Materialien.

Ein zweiter wichtiger Gedanke ist, dass historische Epochen oft durch technologische Fortschritte bestimmt werden. In der Geschichte gab es mindestens drei große Umwälzungen, die von der Technologie angetrieben wurden. Die Entwicklung der Landwirtschaft vor etwa 14 000 Jahren war die erste. Durch die Bereitstellung einer stabilen Nahrungsmittelversorgung ermöglichte die Landwirtschaft das Wachsen und Gedeihen von Gesellschaften an einem Ort, was wiederum zur ersten großen Blütezeit der Zivilisation sorgte. Die zweite Transformation erfolgte im 18. Jahrhundert mit der Entwicklung austauschbarer Teile und der Dampfmaschine, mit der Nutzung fossiler Brennstoffe und mit der Gründung der ersten Fabriken. Diese Veränderungen läuteten das Industriezeitalter ein, eine Zeit der Massenproduktion. Die Schaffung eines vernetzten Systems von Lieferantinnen und Lieferanten, Herstellerinnen und Herstellern, Händlerinnen und Händlern, Geldgeberinnen und Geldgebern sowie Erfinderinnen und Erfindern revolutionierte die Produktion materieller Güter, indem sie zu niedrigen Kosten und in hoher Qualität weithin verfügbar gemacht wurden. Die jüngste Transformation – die Entwicklung leistungsstarker Computernetzwerke – hat in den letzten Jahrzehnten stattgefunden. Diese Technologien haben im Bereich der Information und Kommunikation das

erreicht, was die beiden vorherigen Revolutionen für Lebensmittel und materielle Güter getan haben.

Ein dritter wichtiger Gedanke ist, dass die Technikgeschichte positive und negative Aspekte der Menschheit aufzeigt. Die Kenntnis der Technikgeschichte hilft den Menschen, die Welt um sie herum zu verstehen, indem sie sehen, wie sich Erfindungen und Innovationen entwickelt haben und wie sie ihrerseits die Welt zu dem gemacht haben, was sie heute ist. Es gibt viele Triumphe in der Landwirtschaft, der Fertigung, dem Transportwesen, der Medizin, der gebauten Umwelt und in anderen Bereichen, aber auch negative Aspekte der Technologie wie Cyberkriminalität und Umweltverschmutzung sowie Überbeanspruchung der natürlichen Ressourcen. Bei der Untersuchung der wichtigsten Epochen, zusammen mit spezifischen Ereignissen, Erfinderinnen und Erfindern und Meilensteinen, beginnt man, Muster zu erkennen, die bei der Vorhersage der Zukunft helfen können. Auf diese Weise befähigt eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy, verantwortungsvollere Entscheidungen über die Technologie und ihren Platz in der Gesellschaft zu treffen.

Klassenstufen PreK–2

Die Beschäftigung mit der Geschichte der Technik in den ersten Schuljahren ist wichtig, weil sie den Kindern ein grundlegendes Verständnis dafür vermittelt, wie sich die vom Menschen geschaffene Welt entwickelt. Diese Grundlage wird eine wichtige Rolle in ihrer schulischen Laufbahn spielen, indem Technikgeschichte eine Verbindung zu anderen Fächern aufbaut.

Kinder lernen, wie sich die Technik aus den frühen Zivilisationen entwickelt hat, als die ersten Menschen primitive Werkzeuge herstellten, indem sie die Kanten von Feuersteinen abschlugen. Die Herstellung und die Verwendung von Werkzeugen waren die ersten Schritte in der technologischen Entwicklung. Werkzeuge waren und sind immer noch ein Mittel, um die menschlichen Fähigkeiten

zu erweitern und den Menschen die Arbeit zu erleichtern. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sich der Mensch von einem Werkzeugmacher zu einer strategischen Erfinderin oder einem Erfinder entwickelt hat, der in der Lage ist, Produkte und Systeme zu schaffen. Im Laufe der Zeit haben die Menschen ihre Fähigkeit verbessert, Produkte oder Systeme für die Bereitstellung von Unterkunft, Nahrung, Kleidung, Kommunikation, Transport, Freizeit, Gesundheit und Kultur zu schaffen.

Um ihr Verständnis für die Technikgeschichte zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-6A. Diskutiere, wie sich die Art und Weise, wie Menschen leben und arbeiten, im Laufe der Geschichte durch die Technik verändert hat.** Nachdem die Menschen gelernt hatten, sich eine Behausung selbst zu bauen – zunächst in Form einfacher Hütten und später in Form von Häusern, Burgen und Wolkenkratzern – waren sie nicht mehr gezwungen, natürliche Unterkünfte wie Höhlen zu suchen. Die Erfindung des Pfluges und anderer landwirtschaftlicher Technologien sowie einfacher Geräte wie Angelhaken sowie Pfeil und Bogen erleichterten es den Menschen, sich selbst zu ernähren und so Zeit für andere Beschäftigungen zu gewinnen. Die Fähigkeit der Menschen, über Raum und Zeit hinweg miteinander zu kommunizieren, wurde durch den Einsatz von Werkzeugen und Verfahren wie Rauchzeichen, Alarmer, Papierherstellung, Druck, Telefone und das Internet verbessert.

Klassenstufen 3 bis 5

Im Laufe der Geschichte haben die Menschen verschiedene Produkte und Systeme entwickelt, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Um dieses Konzept zu verstehen, könnten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 beispielsweise die Entwicklung des Bauwesens untersuchen. Sie könnten die Entwicklung von Strukturen von den ersten Menschen über ägyptische Pyramiden, römische

Aquädukte und Häuser bis hin zu modernen Wolkenkratzern verfolgen. Auf diese Weise werden sie erkennen, dass die Geschichte der Zivilisation eng mit der technischen Entwicklung verbunden ist.

Die Bewertung von Aktivitäten aus einer historischen Perspektive kann Schülerinnen und Schülern helfen, zu lernen, wie verbesserte Lebensbedingungen die Kultur der Menschen gefördert haben. Um beispielsweise ein Verständnis für die Entwicklung der Kommunikation zu entfalten, könnten Schülerinnen und Schüler verschiedene Kommunikationsformen nachbilden, angefangen bei Piktogrammen und Schnitzereien über Land- und Seekarten bis hin zu Fotografie und Druckmaschinen. Sie könnten die Entwicklung eines Kommunikationsmittels nachzeichnen und sich dabei auf die Kriterien und Einschränkungen konzentrieren, die der Technologie zum Durchbruch verholfen haben, und auch Gründe finden, warum die Technologie nicht nachhaltig war oder nicht mehr verwendet wird. Am Ende dieser Klassenstufen werden Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung von der Bedeutung der Technik in einem historischen Kontext gewonnen haben. Darüber hinaus werden sie ein Verständnis für die Bedeutung von Werkzeugen und Maschinen im Laufe der Geschichte entwickelt haben.

Um ihr Verständnis für die Technikgeschichte zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-6B. Erstelle Darstellungen der Werkzeuge, die die Menschen herstellten, wie sie Nahrung anbauten, Kleidung produzierten und Unterkünfte bauten, um sich zu schützen.** Historische technische Produkte und Systeme funktionierten nicht immer und oft waren viele Versuche und Varianten getestet worden, bevor eine Idee Wirklichkeit wurde. Die Entwicklung der Töpferei z. B. erstreckte sich über 10 000 Jahre. Die Menschen lernten, verschiedene Tone zu mischen, um stabilere Gegenstände herzustellen, und sie lernten, Töpferwaren in Öfen zu brennen, um den Ton schneller zu härten. Verschiedene

Gefäße wie Krüge, Vasen und Tassen wurden entworfen und entwickelt, um Dinge wie Wasser, Milch, Samen und Körner aufzubewahren. Nicht alle Entwürfe funktionierten, und Variationen sind in jeder alten Zivilisation zu finden. Zu den im Unterricht entwickelten Darstellungen können Skizzen, Dioramen, Modelle, fotografische Diashows usw. gehören.

Klassenstufen 6 bis 8

In den Klassenstufen 6 bis 8 lernen die Schülerinnen und Schüler viele der technologischen Meilensteine der Menschheitsgeschichte kennen. Sie erkennen, wie die Technik die Menschen in verschiedenen historischen Epochen beeinflusst hat – wie sie lebten, welche Arbeit sie verrichteten und welche Entscheidungen sie trafen. Wenn die Geschichte der technischen und technologischen Entwicklungen im breiteren Kontext der Menschheitsgeschichte betrachtet wird, können die Schülerinnen und Schüler verstehen, wie sich die Auswirkungen der Technologie auf die Menschheit im Laufe der Zeit verändert haben. Eine Möglichkeit, vergangene Technologien zu verstehen, ist das ‚Reverse Engineering‘ von Technologien aus diesen Epochen. Lehrkräfte können die Neugier der Schülerinnen und Schüler auf die Technikgeschichte auf verschiedene Weise wecken. Sie könnten z. B. die Schülerinnen und Schüler verschiedene Strukturen erforschen lassen, die Schutz bieten, und sie untersuchen lassen, wie Klimatisierungssysteme wie Heizung und Kühlung das Leben in Häusern komfortabler und angenehmer gemacht haben. Bei ihren Nachforschungen könnten die Schülerinnen und Schüler auf Quellen wie Bücher, das Internet und Gespräche mit Eltern oder Großeltern zurückgreifen, um etwas über das Leben zu erfahren, bevor die Häuser klimatisiert und zentral beheizt wurden. Nach der Recherche könnten die Schülerinnen und Schüler ihre Informationen der Klasse in verschiedenen Formen präsentieren: durch den Bau eines Modells, mit einer Präsentation oder mit einem selbstproduzierten Video. Eine beliebige Anzahl anderer Themen wie Ernährung, Kleidung, Kommunikation, Verkehr, Sport und Gesundheit könnte ebenfalls als Grundlage für

eine solche Übung dienen. Durch die Untersuchung der wichtigsten Erfindungen und Innovationen aus verschiedenen Epochen der Geschichte können die Schülerinnen und Schüler Rückschlüsse darauf ziehen, wie Gesellschaft und Kultur die technische Entwicklung beeinflussen und umgekehrt.

Um ihr Verständnis für die Technikgeschichte zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-6C. Vergleiche verschiedene Technologien und wie sie zum menschlichen Fortschritt beigetragen haben.** Schülerinnen und Schüler können beispielsweise Karten in einem historischen Kontext untersuchen und entschlüsseln, wie die Geografie und die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen oft die Materialien bestimmten, die die Menschen für ihre Unterkünfte verwendeten.
- **STEL-6D. Führe einen Forschungs- und Entwicklungsprozess durch, um zu simulieren, wie sich Erfindungen und Innovationen durch systematische Tests und Verfeinerungen entwickelt haben.** Zum Beispiel brannte 1879 die erste Glühlampe für nur 13 Stunden. Seit dieser Zeit gab es viele Innovationen und Designänderungen an Edisons Glühlampe. Schülerinnen und Schüler können die Zeitachse einer bestimmten Technologie recherchieren und dabei die wichtigsten Änderungen und deren Bedeutung für die Gesellschaft und die Umwelt aufzeichnen.
- **STEL-6E. Überprüfe, inwiefern die Spezialisierung von Funktionen die Grundlage für viele technische Verbesserungen war.** Die frühe Dampfmaschine wurde beispielsweise ursprünglich mit einer einzigen Kammer konstruiert, in der sich der Dampf ausdehnte und dann kondensiert wurde – und so die beiden sehr unterschiedlichen Funktionen der Dampfmaschine erfüllte. Fünfzig Jahre später wurde durch die Trennung der Funktionen, also die Trennung von Zylinder und Dampfkondensator in separate Komponenten (James Watt), eine effizientere

Dampfmaschine entwickelt. Bereiche wie das Industriedesign haben sich so entwickelt, dass sie neben anderen technischen Verbesserungen auch Ästhetik und Ergonomie in die Gestaltung technischer Produkte und Systeme einbeziehen.

Klassenstufen 9 bis 12

Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 sollten lernen, dass technologische Veränderungen manchmal abrupt und offensichtlich sind, häufiger aber evolutionär und subtil. Die Auswirkung des technischen Fortschritts kann auch sehr mächtig, unumkehrbar und global sein.

Um ein Verständnis für die Technikgeschichte zu entwickeln, sollten Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen etwas über die Ursprünge und die Geschichte der verschiedenen Erfindungen und Innovationen, die sich auf bestimmte Zeitabschnitte beziehen, erfahren. Historische Epochen wurden anhand der vorherrschenden Produkte oder Systeme der jeweiligen Zeit definiert und benannt. Die Schülerinnen und Schüler lernen z. B., dass die Steinzeit mit der Entwicklung von Werkzeugen aus behauenen Steinen begann, aus denen sich später Äxte, Klingenwerkzeuge, Speere sowie Pfeil und Bogen entwickelten, und dass auch das Feuer zu dieser Zeit genutzt wurde. Andere historische Epochen waren durch bedeutende technologische Entwicklungen gekennzeichnet – das Rad, die Nutzung bestimmter Ressourcen (z. B. die Eisenzeit), die Druckerpresse, die Massenproduktion und der Computer, um nur einige zu nennen.

Zweifellos haben wichtige technologische Entwicklungen die Zivilisation vorangebracht und den Grundstein für das heutige Zeitalter gelegt. In den letzten 200 Jahren sind technischer und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinn eng mit der Idee des Fortschritts verbunden worden. Ein roter Faden der Geschichte ist, dass der Entwurfsprozess zur Verfeinerung und Verbesserung der technologischen Fähigkeiten des Menschen eingesetzt wurde und wird. Schülerinnen und Schüler sollten Verbindungen zwischen Technologien und

den verschiedenen Epochen herstellen und ein Verständnis dafür entwickeln, dass das Lernen über Technikgeschichte auch ein Lernen über Veränderungsprozesse ist. Darüber hinaus sollten Schülerinnen und Schüler verstehen, dass die Geschichte in der Regel in Form von Heldinnen und Helden, also einzelnen Personen erzählt wird. In Wirklichkeit haben viele Menschen mit unterschiedlichem Hintergrund im Laufe der Zeit zusammengearbeitet, um Technologien zu entwickeln.

Um ihr Verständnis für die Technikgeschichte zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-6F. Erläutere, wie die technische Entwicklung evolutionär verlief und oft das Ergebnis einer Reihe von Verfeinerungen grundlegender Erfindungen oder technologischer Kenntnisse war.** Zum Beispiel war die Entwicklung des Bleistifts ein langwieriger und mühsamer Prozess. Ingenieurinnen und Ingenieure, Designerinnen und Designer sowie Technikerinnen und Techniker entwickelten viele verschiedene Techniken und Verfahren und verwendeten eine Vielzahl von Materialien, um den bestmöglichen Bleistift zu entwickeln. Landwirtschaftliche Techniken wurden entwickelt, um den Anbau von Nahrungsmitteln und deren Versorgung zu verbessern. Andere Entwicklungen umfassten bessere Kommunikationsmöglichkeiten durch die Entwicklung von Papier und Tinte sowie des Alphabets. Des Weiteren sind die Navigation von Schiffen, das Verständnis der menschlichen Anatomie und der Zugang zu sauberem Trinkwasser bedeutende Errungenschaften.
- **STEL-6G. Überprüfe die Aussage, dass die Entwicklung der Zivilisation direkt von der Entwicklung und Verwendung von Werkzeugen, Materialien und Verfahren beeinflusst wurde und diese wiederum beeinflusst hat.** Die Steinzeit begann mit der Entwicklung von Steinwerkzeugen, die zum Jagen, Schneiden und Zerkleinern von Gemüse und Fleisch verwendet

wurden, und entwickelte sich weiter zur Nutzung des Feuers zum Heizen, Kochen und Schützen. Die Bronzezeit begann mit der Entdeckung von Kupfer und Metallen auf Kupferbasis. Die breite Anwendung neuer landwirtschaftlicher Technologien wie Sichel, Pflug, Windmühle und Bewässerung ermöglichte es den Bäuerinnen und Bauern, mehr Nahrungsmittel anzubauen. Der anhaltende technische Fortschritt führte dazu, dass viele Menschen von den Bauernhöfen in die sich entwickelnden Städte abwanderten. Andere einflussreiche Entwicklungen in diesem Zeitalter waren Webmaschinen und das Spinnrad, die die Herstellung von Stoffen vorantrieben. Die Erfindung des Schießpulvers und der Gewehre war eine Verbesserung gegenüber früheren Waffen, sowohl für die Jagd als auch zum Schutz.

- **STEL-6H. Beurteile, inwiefern die Technologie eine starke Kraft bei der Umgestaltung sozialer und kultureller, politischer und wirtschaftlicher Landschaften im Laufe der Geschichte war.** Kommunikation, Landwirtschaft und Verkehr beispielsweise haben sich aus den politischen, wirtschaftlichen und sozialen Interessen und Werten der jeweiligen Zeit entwickelt. Im Mittelalter konnte die Entwicklung zahlreicher technischer Geräte beobachtet werden, die sich nachhaltig auf Technik und Gesellschaft auswirkten, z. B. das Wasserrad und der Magnetkompass. In irgendeiner Form werden alle diese Geräte auch heute noch verwendet, obwohl sie sich gegenüber früheren Entwürfen stark verändert haben. Die Renaissance war auch eine wichtige Epoche der Entwicklung in der Geschichte der Technik. Die Camera obscura, Seidenstrickmaschinen, das Teleskop, das U-Boot, die hydraulische Presse und die Rechenmaschine wurden alle in dieser Zeit entwickelt. Lernen über Technikgeschichte hilft uns, den Kontext sozialer und politischer Ereignisse zu verstehen und mögliche Szenarien für die Zukunft zu bestimmen.
- **STEL-6I. Analysiere, wie die industrielle Revolution zur Entwicklung von Massenproduktion, hochentwickelten Transport- und Kommunika-**

tionssystemen und fortschrittlichen Konstruktionsverfahren führte und Bildung und Freizeit verbesserte. Zu den wichtigsten Entwicklungen dieser Zeit gehörten die kontinuierlich arbeitende Getreidemühle, der Webstuhl und der Musterwebstuhl, die Dampfmaschine, der Elektromotor, Benzin- und Dieselmotoren, vulkanisierter Gummi, das Flugzeug, der Telegraf, das Telefon, das Radio und das Fernsehen. Die Konzepte von Eli Whitneys austauschbaren Teilen und von Henry Fords Fließband trugen zu Fortschritten in der Produktion von Waren bei. Durch die gesteigerte Effizienz und ein modernes Arbeitsrecht wurde für einige Menschen eine längere Freizeit möglich, was schließlich zu einem breiteren Zugang zu Bildung führte.

- **STEL-6J. Untersuche die weitreichenden Veränderungen, die das Informationszeitalter, das den Schwerpunkt auf die Verarbeitung und den Austausch von Informationen gelegt hat, mit sich gebracht hat.** Die Entwicklung der Binärsprache, von Transistoren, von Mikrochips und eines elektronischen numerischen Integrators und Rechners (ENIAC) führte zu einer explosionsartigen Zunahme von Computern, Rechnern und Kommunikationsprozessen, um Informationen schnell von einem Ort zum anderen zu bringen. Holografie, Kybernetik, xerografische Vervielfältigung, der Atomreaktor, die Wasserstoffbombe, die Mondlandefähre, Kommunikationssatelliten, Vorfertigung und Genmanipulation waren wichtige Entwicklungen in diesem Zeitraum.

3.7 Standard 7: Technik und Technologie gestalten

Menschen gestalten neue Technik zum Vergnügen, um Probleme zu lösen, menschliche Fähigkeiten zu erweitern, Bedürfnisse und Wünsche zu befriedigen und die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern. Ohne Produktentwicklung – die zielgerichtete Entwicklung eines Handlungsplans zum Gestalten eines technischen Systems – kann ein Produkt oder System nicht effektiv hergestellt werden. Das Gestalten durch Entwurf, Konstruktion

und Fertigung ist die Grundlage für alle technischen und ingenieurwissenschaftlichen Aktivitäten. Acht gleichermaßen wichtige Grundgedanken bilden die Grundlage für das Verständnis und die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf das Gestalten von Technik und Technologie. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Grundgedanken, wobei die Spezifität und Komplexität in den verschiedenen Klassenstufen zunimmt.

Ein Grundgedanke ist, dass **das Gestalten neuer Dinge eine grundlegende menschliche Tätigkeit ist**. Der Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozess in Technik, Technologie und Ingenieurwesen ist ein eindeutig menschlicher Prozess mit mehreren definierenden Merkmalen. Er ist zielgerichtet, ergebnisoffen, basiert auf bestimmten Anforderungen, ist iterativ, kreativ und führt zu vielen möglichen Lösungen. Das bedeutet, dass es nicht nur einen Prozess gibt, auch wenn vom technologischen oder technischen Gestaltungsprozess gesprochen wird. Entwurf, Konstruktion und Fertigung von Technologie befasst sich auch immer mit Kriterien oder Beschränkungen, die sich aus den Bedürfnissen der Nutzenden und/oder Richtlinien oder Vorschriften (z. B. Bauvorschriften) ergeben. Junge Schülerinnen und Schüler sollten mit einfacheren, klar definierten Gestaltungsaufgaben mit weniger Kriterien und Einschränkungen beginnen, um ihr Wissen und ihre Fähigkeiten aufzubauen. Ältere Schülerinnen und Schüler sollten mit umfassenderen, nicht genau definierten Aufgaben konfrontiert werden, die unterschiedliche und komplexere Ansätze erfordern.

Gestaltung im Bereich Technologie und Ingenieurwesen ist von Natur aus ein kreativer Prozess. Manchmal werden für innovative Lösungen Ressourcen auf einzigartige und unerwartete Weise genutzt. Auch bei der Beschäftigung mit Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft in der Schule werden Schülerinnen und Schüler herausgefordert, kreative Lösungen für technische Gestaltungsprozesse zu entwickeln.

Der offene Charakter des Unterrichts im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und

ingenieurwissenschaftlichen Literacy ermöglicht mehrere Wege, die zu einer Lösung führen, und die Schaffung verschiedener Lösungen. Ein zweiter Grundgedanke ist daher, dass es **oft nicht nur eine einzige Lösung gibt. Außerdem können Entwürfe immer noch verbessert und verfeinert werden.** Diese grundlegenden Eigenschaften sind für den Entwurf und die Entwicklung eines jeden Produkts oder Systems von zentraler Bedeutung.

Nur wenige Produkte und Systeme werden heute durch Versuch und Irrtum entwickelt oder entstehen durch Zufall. Dies ist der dritte Grundgedanke: **Gestaltung im Bereich Technologie und Technik ist iterativ.** Nahezu jeder Entwurf ist das Ergebnis eines zirkulären Prozesses, bei dem die Entwicklungsschritte wiederholt werden, während eine Idee in ein Endprodukt oder System umgewandelt wird. Technikerinnen und Techniker sowie Ingenieurinnen und Ingenieure kehren häufig zu früheren Phasen des Entwurfsprozesses zurück, um neu zu bewerten, ob die Kriterien und Einschränkungen erfüllt werden und ob die Lösungen ausreichend sind. Dieser Prozess erfordert ein tiefgreifendes Verständnis eines Problems und der Ressourcen für eine umfassende Suche nach Lösungen sowie eine sorgfältige Bewertung und Verbesserung.

Effektives technisches und/oder ingenieurtechnisches Entwerfen, Konstruieren und Fertigen erfordert die Anwendung von Wissen aus einer Reihe von Disziplinen und ein Verständnis für die Auswirkungen eines Entwurfs auf die Gesellschaft und die Umwelt. Die Anwendung dieses Prozesses bietet die Möglichkeit, die notwendigen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu verbessern und zu fördern, die oft als „21st Century Skills“ bezeichnet werden. Es gibt jedoch zusätzliche Fähigkeiten, die durch den technischen und ingenieurwissenschaftlichen Gestaltungsprozess gefördert werden. Der vierte Grundgedanke ist, dass es **eine Reihe von Fähigkeiten gibt, die für die Durchführung eines Gestaltungsprozesses notwendig sind.** Zu diesen gehören: Kommunikation, Kreativität, Zusammenarbeit, kritisches Denken, mathematisches Denken, Visualisierung, Einfallsreichtum, Innovation, Ideenfindung, abstraktes Denken,

Bürgersinn, Ausdauer, Lernen aus Misserfolgen, Akzeptieren und Geben von Feedback, räumliches Denken, Projekt- und Zeitmanagement, selbstgesteuertes Lernen und viele andere.

Ein fünfter Grundgedanke ist, dass es **universelle Entwurfs- Konstruktions- und Fertigungsgrundsätze und -elemente** gibt. Diese sind Gleichgewicht, Rhythmus, Muster, Betonung, Kontrast, Einheit und Bewegung. Die Elemente eines Entwurfs sind Linie, Form, Raum, Wert, Gestalt, Textur und Farbe. Darüber hinaus nehmen viele Entwürfe im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen physische Formen an, für die oft eine Reihe zusätzlicher Designfaktoren gilt, darunter Ergonomie, Energieeffizienz, Zuverlässigkeit, Haltbarkeit, Sicherheit, einfache Herstellung und Ästhetik. Diese weithin akzeptierten Prinzipien, Elemente und Faktoren werden auf unterschiedliche Weise zusammen verwendet, um physische Objekte zu schaffen, die die gewünschten Ziele erfüllen und einen nützlichen und ästhetischen Wert haben.

Ein sechster Grundgedanke ist, dass die **Fertigung ein fester Bestandteil des technischen Gestaltens ist.** Technische Artefakte zu entwerfen, zu konstruieren und zu fertigen erfordert auch spezifische händische Fertigkeiten. Dazu gehören unter anderem das Skizzieren und Zeichnen, das Messen, Tüfteln, computergestütztes Entwerfen und Programmieren, die Materialbearbeitung und das Modellieren und die Prototypenentwicklung sowie der effektive Einsatz von Handwerkzeugen und Elektrowerkzeugen.

Gestaltung von Technik und Technologie, der Titel des Kernstandards wird verwendet, um sowohl die allgemeine Gestaltung von Technik als auch den ingenieurwissenschaftlichen Prozess zu umfassen. Die allgemeine Gestaltung von Technik bezieht sich in diesem Zusammenhang allgemein auf einen Prozess der technologischen Entwicklung durch die Erstellung von Plänen zur Umwandlung von Ressourcen in Produkte oder Systeme, die den menschlichen Bedürfnissen entsprechen. Mit ingenieurwissenschaftlichem Entwurfsprozess

wird ein Prozess umschrieben, der die Sammlung und Analyse wissenschaftlicher und berechneter Daten beinhaltet, um fundierte Entscheidungen über Gestaltungslösungen zu treffen. Im ingenieurwissenschaftlichen Entwurfsprozess werden Daten verwendet, die beim Testen von Prototypen gesammelt wurden, um die Leistung bestmöglich vorherzusagen. Dies ist der siebte Grundgedanke: **Die Gestaltungsoptimierung wird durch Kriterien und Einschränkungen bestimmt.** Das technische Gestalten ist ein idealer MINT-Integrator, indem er einen fundierten Ansatz schafft, der wissenschaftliche Erkenntnisse, Ingenieurwissenschaften und mathematische Vorhersageanalysen zur Optimierung der endgültigen Lösung nutzt. Die gezielte Mischung aus diesen Ideen ermöglicht es Schülerinnen und Schülern, die Vorteile eines fundierten Gestaltungsansatzes zu erlernen, um das MINT-Lernen zu fördern, während sie sich an der Entwicklung technologischer Lösungen beteiligen. Der ingenieurwissenschaftliche Entwurfsprozess umfasst und erfordert oft die Herstellung von Prototypen zum Testen und zur Verfeinerung des Designs. Die allgemeine Gestaltung von Technik und der ingenieurwissenschaftliche Entwurfsprozess allein erfassen nicht die notwendigen Vorteile beider Ansätze; daher ist ‚Technik gestalten‘ der bevorzugte und gewählte Begriff für die Verwendung in diesen Standards. Andere Ansätze, z. B. Grafikdesign und Industriedesign, spielen ebenfalls eine Rolle in Technologie- und Ingeniurlabor-Klassenräumen.

Ein sorgfältig strukturiertes Bildungsprogramm wird diese Schlüsselideen einbeziehen, die zur Entwicklung allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy beitragen. Technik entwerfen, konstruieren und fertigen verkörpert die dem Menschen angeborene Fähigkeit und Neigung, die Lebensbedingungen zu verbessern. Mit zunehmendem Lernfortschritt werden die Schülerinnen und Schüler über das Wissen und die Fähigkeiten verfügen, um die achte Schlüsselidee zu verstehen, nämlich dass es **viele Ansätze für die Gestaltung von Technik gibt**. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler andere Ansätze wie partizipatives Gestalten, ökologisches Gestalten und

nutzerzentriertes Gestalten kennenlernen, um nur einige zu nennen.

Klassenstufen PreK–2

Während kleine Kinder die Welt um sich herum erforschen, beginnen sie, zu verstehen, dass einige Elemente ihrer Welt von Menschenhand gemacht sind. Die Herstellung von Systemen oder Produkten erfordert eine sorgfältige Vorgehensweise beim Entwurf und bei der Konstruktion. Kinder in diesen Klassenstufen beginnen zu erkennen, dass es viele Menschen gibt, die zur Gestaltung der technischen Welt beitragen. Sie setzen sich spielerisch mit den Prozessen auseinander und beginnen, die Eigenschaften von Materialien und die Verwendung von Werkzeugen zu erforschen, während sie lernen, selbst ein technisches Objekt zu entwickeln. Kinder in dieser Klassenstufe können lernen, dass es Anforderungen an die Gestaltung technischer Objekte gibt, um die Bedürfnisse und Wünsche des Nutzers oder der Nutzerin zu erfüllen, und beginnen, Entwürfe zu beschreiben, indem sie wichtige Elemente auflisten. Bei der Erkundung verschiedener Entwürfe und Konstruktionen lernen die Kinder, dass es keine perfekten gibt. So können kleine Kinder beispielsweise Spielzeug, Essgeschirr oder andere vertraute Gegenstände vergleichen und gegenüberstellen, um die Merkmale von Produkten zu erkennen. Indem sie selbst beginnen, technische Objekte zu entwerfen, zu konstruieren und zu fertigen, erwerben sie Fähigkeiten, die für diesen Prozess unerlässlich sind. Häufig finden Gestaltungsaktivitäten während des Spielens, Erforschens und Bastelns statt, was zur Entwicklung grundlegender Fertigkeiten führt.

Um ihre Fähigkeit im Bereich Entwerfen, Konstruieren und Fertigen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-7A. Wende durch Spielen und Erkunden Grundkonzepte von Gestaltungsprinzipien und -prozessen an.** Erfahrungen in diesem Bereich bauen auf der natürlichen Neugier, dem Entdeckungsdrang und der Ausdauer kleiner Kinder

auf. Vertraute Materialien, Werkzeuge und Umgebungen werden diese Erfahrungen verbessern.

- **STEL-7B. Zeige, dass Entwürfe Anforderungen haben.** Kleine Kinder erkennen, dass alle Entwürfe bestimmte Kriterien erfüllen müssen. Diese Kriterien beziehen sich auf den Zweck, die Funktion und die Anforderungen an eine Lösung.
- **STEL-7C. Erkläre, dass die Gestaltung technischer Objekte eine Antwort auf Wünsche und Bedürfnisse ist.** Kleine Kinder beginnen, zu verstehen, dass die Gestaltung technischer Objekte von Wünschen und Bedürfnissen bestimmt wird. Wünsche und Bedürfnisse stammen oft aus dem vertrauten Umfeld wie dem Zuhause, der Schule und der Gesellschaft.
- **STEL-7D. Bespreche, dass technische Objekte verschiedene Merkmale haben, die beschrieben werden können.** Kleine Kinder erkennen und kategorisieren grundlegende Gestaltungsmerkmale, die Prinzipien und Elemente darstellen. Beim Zeichnen beginnen sie, zwischen Linien, Farben und Formen zu unterscheiden. Wenn sie über frühe Ideen zum Thema Entwerfen nachdenken, können sie mit anderen Kindern ein Brainstorming durchführen, Skizzen anfertigen und sehen, wie gut ihre Ideen umgesetzt wurden.
- **STEL-7E. Veranschauliche, dass es verschiedene Lösungen für die Gestaltung technischer und technologischer Systeme gibt und dass keine perfekt ist.** Kleine Kinder erkennen, dass es mehr als eine plausible Lösung für die Gestaltung technischer Objekte gibt.
- **STEL-7F. Unterscheide die wesentlichen Fähigkeiten des Gestaltungsprozesses.** Kleine Kinder erkennen, dass es einige wesentliche Fähigkeiten gibt, z. B. kreatives Denken, Bauen und Testen, die erforderlich sind, um bei der Entwicklung eines technischen Objekts erfolgreich zu sein.

- **STEL-7G. Wende die für die Gestaltung eines technischen Objekts notwendigen Fähigkeiten an.** Die Möglichkeit, Werkzeuge zu benutzen und Materialien zu bearbeiten, kann den Wunsch von Kleinkindern fördern, selbst etwas zu bauen. Die Strukturierung von Gestaltungserfahrungen in diesem Alter kann in Form von Basteln und Spielen erfolgen.

Klassenstufen 3 bis 5

Aufbauend auf den Kenntnissen der Klassenstufen PreK–2 beginnen die Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 damit, durch Entwurf, Konstruktion und Fertigung technischer Objekte ein vertieftes Verständnis von Gestaltung und die Fähigkeit, sich damit zu beschäftigen, aufzubauen. Sie beginnen, zu verstehen, dass es verschiedene Ansätze zum Entwerfen, Konstruieren und Fertigen gibt und dass bei der Gestaltung die Wiederholung einiger Schritte erforderlich ist. Zu diesen iterativen Prozessen gehören u. a. die Definition des Problems, Ideenfindung, Forschung, Analyse, Modellierung und Vorhersage, Prototyping, Testen und Bewerten, Verfeinern der Lösung, Entscheidungsfindung, Dokumentation und Kommunikation. In den Klassenstufen 3 bis 5 beginnen die Schülerinnen und Schüler, sich mit der Gestaltung technischer Objekte zu beschäftigen, indem sie bei der Entwicklung von Ideen etwas über Einschränkungen und Kriterien lernen. Sie lernen, dass das Gestalten technischer und technologischer Systeme ein Ansatz zur Verbesserung eines menschlichen Problems ist und Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität schafft. Die Schülerinnen und Schüler beginnen, ihr Vokabular in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen zu erweitern und wichtige Elemente und Prinzipien ‚guter‘ Gestaltung technischer Objekte zu erkennen. Außerdem beginnen die Schülerinnen und Schüler, bestehende Entwürfe zu analysieren und zu lernen, Stärken und Schwächen zu erkennen. Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen verstehen, dass Gestaltungslösungen Grenzen haben und dass keine Lösung perfekt ist.

Um ihre Fähigkeit im Bereich Entwerfen, Konstruieren und Fertigen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-7H. Veranschauliche, dass es mehrere Ansätze für die Gestaltung technischer und technologischer Systeme gibt.** Gestaltungsansätze werden durch den Kontext, das Individuum, die verfügbaren Ressourcen und den beabsichtigten Zweck des Designs bestimmt.
- **STEL-7I. Wende deine Fähigkeiten im Bereich der Gestaltung technischer und technologischer Systeme an.** Technik selbst zu gestalten kann die Definition des Problems, Ideenfindung, Forschung, Analyse, Modellierung und Vorhersage, Prototyping, Testen/Bewertung, Verfeinerung, Entscheidungsfindung, Dokumentation und Kommunikation umfassen. Schülerinnen und Schüler identifizieren und beschäftigen sich mit diesem Spektrum von Handlungen im Bereich des Entwurfs und der Konstruktion technischer Objekte und erkennen, dass dies nicht immer linear erfolgt. Sie wiederholen bestimmte Schritte bei Bedarf und dokumentieren ihre Handlungen in ihren Notizbüchern oder Portfolios.
- **STEL-7J. Bewerte Entwürfe anhand von Kriterien, Einschränkungen und Normen.** Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufe entwickeln ein angemessenes Vokabular, um Entwurfsparameter oder Anforderungen zu identifizieren und zu diskutieren. Sie können erkennen, dass zielgerichtete Gestaltungsentscheidungen auf solchen Kriterien und Rahmenbedingungen basieren.
- **STEL-7K. Interpretiere, wie eine gute Konstruktion technischer Objekte die Lebensbedingungen der Menschen verbessert.** Schülerinnen und Schüler erweitern ihr Verständnis, indem sie Wünsche und Bedürfnisse im Zusammenhang mit dem menschlichen Dasein über ihre unmittelbare Umgebung hinaus identifizieren. Schülerinnen und Schüler erkennen mögliche

Auswirkungen der Gestaltung auf die Lebensqualität.

- **STEL-7L. Wende universelle Prinzipien und Elemente der Gestaltung technischer Systeme an.** Schülerinnen und Schüler entwickeln das notwendige Vokabular, um die Prinzipien und Elemente der Gestaltung technischer Objekte zu beschreiben und anzuwenden. Sie können die Auswirkungen dieser Prinzipien und Elemente auf die Qualität einer technischen Lösung erkennen.
- **STEL-7M. Bewerte Stärken und Schwächen bestehender Gestaltungslösungen, einschließlich eigener Lösungen.** Schülerinnen und Schüler können eine Reihe möglicher Lösungen bewerten, indem sie deren relative Stärken und Schwächen analysieren. Anhand von Kriterien und Einschränkungen erkennen sie die durch eine Lösung verursachten Beschränkungen und erkunden verschiedene Ideen.
- **STEL-7N. Übe die eigenen Fähigkeiten im Gestalten technischer und technologischer Systeme.** Kontinuierliche Gelegenheiten zum Erleben und Weiterentwickeln grundlegender Fähigkeiten zum Gestalten technischer Objekte verbessern die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler. Sie machen entwicklungsangemessene Erfahrungen, um diese grundlegenden Fähigkeiten zu entfalten, was oft von den Lehrkräften gesteuert wird.
- **STEL-7O. Wende Werkzeuge, Techniken und Materialien im Rahmen des Gestaltungsprozesses sicher an.** Schülerinnen und Schüler verstehen, dass Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Technikerinnen und Techniker die für die erfolgreiche Umsetzung eines Entwurfs erforderlichen Fertigkeiten üben. Kontinuierliche Gelegenheiten, Werkzeuge, Techniken und Materialien zu nutzen, führen zu einer Verfeinerung der Fähigkeiten, die für ein erfolgreiches Gestalten notwendig sind. Schülerinnen und Schüler beginnen, geeignete Werkzeuge und Materialien für einen bestimmten Zweck auszuwählen.

Klassenstufen 6 bis 8

Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 entwickeln ihre Fähigkeiten bei der Erstellung von Entwürfen sowie der Konstruktion und Fertigung technischer Objekte weiter und beginnen, die Vorteile verschiedener Ansätze zu schätzen und zu erfahren. Schülerinnen und Schüler erkennen die Grenzen der Verwendung nur eines Gestaltungsansatzes und lernen, die Fixierung auf einen Ansatz zu vermeiden. Sie versuchen, den besten Ansatz zu finden, um die Bedürfnisse des späteren Nutzers oder der Nutzerin zu erfüllen. Schülerinnen und Schüler verstehen, dass der Entwurf, die Konstruktion und die Fertigung technischer Objekte eine menschliche Anstrengung bedeuten, und arbeiten daran, unter Berücksichtigung menschlicher Faktoren in der Gestaltung Lösungen zu finden. Durch die Erforschung von Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozessen lernen Schülerinnen und Schüler, bei der Gestaltung technischer Objekte eine Reihe von Kompromissen einzugehen und Lösungen zu optimieren, die den Einschränkungen und Kriterien (Anforderungen) am besten gerecht werden. Auf dieser Stufe beginnen Schülerinnen und Schüler, zu lernen, wie sie ihre eigenen Lösungen und die ihrer Klassenkameradinnen und Klassenkameraden auf der Grundlage festgelegter Kriterien und Einschränkungen bewerten können. Außerdem fangen Schülerinnen und Schüler an, die Grenzen ihrer eigenen Konstruktionslösungen zu erkennen; diese Lernerfahrung wird oft durch Misserfolge geschehen, die ein fester Bestandteil des Entwurfsprozesses sind.

Um ihre Fähigkeit im Bereich Entwerfen, Konstruieren und Fertigen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-7P. Veranschauliche die Vorteile und Möglichkeiten, die mit verschiedenen Ansätzen bei der Gestaltung von Technik und Technologie verbunden sind.** Ein Merkmal des Gestaltens von Technik ist das Abwägen der Vorteile und Möglichkeiten, die mit dem von der Entwick-

lerin oder dem Entwickler gewählten Ansatz verbunden sind.

- **STEL-7Q. Wende Gestaltungsprozesse zur Erstellung technischer oder technologischer Systeme an.** Schülerinnen und Schüler setzen einen Prozess bewusst ein, um Entwurfs-, Fertigungs- oder Konstruktionsprobleme iterativ zu lösen. Sie erkennen den Wert der Wiederholung von Schritten in diesen Prozessen, um die Fixierung auf eine Lösung zu vermeiden.
- **STEL-7R. Verfeinere technische Lösungen, um Kriterien und Einschränkungen zu berücksichtigen.** Schülerinnen und Schüler entwerfen, konstruieren und fertigen innerhalb der vorgegebenen Kriterien und Beschränkungen und erkennen die mit der Optimierung verbundenen Kompromisse.
- **STEL-7S. Entwickle Problemlösungen durch Erkennen menschlicher Faktoren bei der Gestaltung von Technik.** Schülerinnen und Schüler erkennen an, dass der Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozess von menschlichen Faktoren beeinflusst wird, und erweitern ihre Fähigkeit, menschliche Faktoren wie Benutzerfreundlichkeit und Ergonomie zu identifizieren und einzubinden. Sie werden sich zunehmend der Beziehung zwischen dem Menschen und der gestalteten Umwelt bewusst.
- **STEL-7T. Bewerte die Qualität eines technischen Objekts auf der Grundlage gängiger Gestaltungsprinzipien.** Schülerinnen und Schüler beurteilen die Qualität technischer Objekte u. a. auf der Grundlage gängiger Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprinzipien. Unter Anleitung einer Lehrkraft können sie in dieser Klassenstufe Gründe dafür nennen, warum sie glauben, dass manche Entwürfe effektiver sind als andere.
- **STEL-7U. Bewerte Stärken und Schwächen verschiedener technischer Lösungen.** Die Schülerinnen und Schüler nehmen eine Selbst- und Fremdeinschätzung eines technischen Objekts

vor, indem sie die mit Entscheidungen bei der Gestaltung verbundenen Kompromisse erkennen.

- **STEL-7V. Verbessere deine Fähigkeiten, die für eine erfolgreiche Gestaltung erforderlich sind.** Schülerinnen und Schüler erkennen den Wert grundlegender Fähigkeiten und identifizieren Möglichkeiten, diese Fähigkeiten zu entwickeln. Metakognition fördert die Erfahrung von Schülerinnen und Schülern beim Identifizieren von und Lernen aus Fehlern im Prozess.

Klassenstufen 9 bis 12

In den Klassenstufen 9 bis 12 lernen Schülerinnen und Schüler das gesamte Spektrum der Gestaltung technischer und technologischer Systeme kennen. Sie haben die Gelegenheit, verschiedene diesbezügliche Prozesse zu erleben, und entfalten dadurch ein tieferes Verständnis für technische Entwicklungsprozesse. In diesen Klassenstufen machen sich die Schülerinnen und Schüler mit mehreren Ansätzen für die Gestaltung technischer Objekte vertraut, was ihre Fähigkeit verbessert, den besten Ansatz für ein bestimmtes Problem oder eine bestimmte Situation auszuwählen. Schülerinnen und Schüler dieser Stufe verstehen, wie eine geeignete Vorgehensweise ausgewählt und durchgeführt wird und wie die eigenen Entscheidungen im Laufe des Prozesses begründet werden können. Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 lernen, ihre Entwürfe, Konstruktionen oder Fertigungsansätze auf der Grundlage festgelegter Kriterien zu optimieren sowie Randbedingungen und Parameter, die oft von der Entwicklerin oder dem Entwickler definiert werden, anzuwenden. Sie lernen, Daten aus Versuchen zu sammeln und zu nutzen, um die Qualität technischer Lösungen zu analysieren. Manchmal deuten Tests und Daten darauf hin, dass die aktuellen Ideen die Bedürfnisse des Nutzers oder der Nutzerin nicht erfüllt werden; in solchen Fällen lernen Schülerinnen und Schüler, nach zusätzlichen Lösungen zu suchen. Schülerinnen und Schüler erfahren, dass manchmal die besten Lösungen entstehen, wenn Entwicklerinnen und Entwickler Ideen aus mehreren Entwürfen verbinden. In dieser

Klassenstufe beginnen die Schülerinnen und Schüler mit der Selbstreflexion über die wesentlichen Fähigkeiten, die für einen erfolgreichen Prozess zum Entwerfen, Konstruieren und Gestalten technischer Objekte erforderlich sind. Darüber hinaus erweitern sie ihre Fähigkeit, eine breite Palette von Fertigkeiten anzuwenden, um technische Objekte zu gestalten und sich weiterzubilden und damit ihre Kenntnisse und Fähigkeiten zu erweitern.

Um ihre Fähigkeit im Bereich Entwerfen, Konstruieren und Fertigen zu demonstrieren, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-7W. Bestimme den besten Ansatz zur Gestaltung eines technischen Objekts, indem du den Zweck eines technischen Objekts bewertest.** Bei der Wahl des optimalen Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsansatzes müssen Entwicklerinnen und Entwickler Kompromisse eingehen.
- **STEL-7X. Dokumentiere Kompromisse im Gestaltungsprozess, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.** Schülerinnen und Schüler bewerten Aspekte gängiger Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsprozesse und wählen optimale Ansätze für ihre Lösungen aus. Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen sollten in der Lage sein, eine Begründung für diesbezügliche Entscheidungen zu formulieren.
- **STEL-7Y. Optimierte ein technisches Objekt durch Berücksichtigung der gewünschten Eigenschaften innerhalb von Kriterien und Einschränkungen.** Schülerinnen und Schüler optimieren technische Objekte durch kritische Bewertung der Gestaltungsentscheidungen auf der Grundlage vorgegebener Parameter.
- **STEL-7Z. Wende Prinzipien einer auf menschliche Bedürfnisse ausgerichteten Gestaltung an.** Schülerinnen und Schüler berücksichtigen beim Entwerfen, Konstruieren und Fertigen technischer Objekte die Beziehung zwischen Menschen und

der gestalteten Umgebung. Sie synthetisieren ihr Verständnis von einer auf menschliche Bedürfnisse ausgerichteten Gestaltung durch kritische Bewertung von Gestaltungsentscheidungen und deren Angemessenheit für die beabsichtigten Nutzer oder Nutzerinnen.

- **STEL-7AA. Veranschauliche Prinzipien, Elementen und Faktoren der Gestaltung technischer und technologischer Systeme.** Schülerinnen und Schüler wählen selbstständig Prinzipien, Elemente und andere Faktoren aus, um ihre Ergebnisse zu verbessern. Die Prinzipien sind Gleichgewicht, Rhythmus, Muster, Betonung, Kontrast, Einheit und Bewegung. Elemente sind Linie, Form, Raum, Wert, Gestalt, Textur und Farbe. Weitere Gestaltungsfaktoren, die auf physische Objekte angewendet werden können, sind Ergonomie, Energieeffizienz, Zuverlässigkeit, Haltbarkeit, Sicherheit, einfache Herstellung, Ästhetik und mehr.
- **STEL-7BB. Setze die bestmögliche Lösung für die Gestaltung eines technischen oder technologischen Systems um.** Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, auf der Grundlage von Tests und Analysen eine Begründung für die Auswahl einer technischen Lösung zu geben, die die Kriterien und Einschränkungen am besten einhält. Die Identifizierung von Stärken und die Kombination von Ideen aus verschiedenen Entwürfen können Gestaltungslösungen verbessern.
- **STEL-7CC. Wende ein breites Spektrum von Fähigkeiten im Gestaltungsprozess an.** Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich mit einem sinnvollen Diskurs über die wesentlichen Fähigkeiten, die sie im Rahmen einer erfolgreichen Gestaltung eines technischen Objekts angewendet haben. Dazu gehören Kreativität, Zusammenarbeit, Einfallsreichtum, Ideenfindung, Lernen durch Scheitern und viele andere wesentliche Fähigkeiten.
- **STEL-7DD. Wende eine breite Palette von Fertigkeiten im Gestaltungsprozess an.** Schüle-

rinnen und Schüler identifizieren selbstständig geeignete Werkzeuge und Verfahren und setzen sie sicher ein, um eine Aufgabe zu erfüllen. Schülerinnen und Schüler erkennen ihre eigenen Wissens- und Fähigkeitslücken, verfolgen Möglichkeiten, die notwendigen Fähigkeiten zu entwickeln, und werden selbstbewusster und kompetenter bei der Umsetzung.

3.8 Standard 8: Anwendung, Instandhaltung und Bewertung technischer Produkte und Systeme

Jeder nutzt technische Produkte und Systeme – Fahrzeuge, Fernseher, Computer, Haushaltsgeräte usw. –, aber nicht jeder nutzt diese Technologien, sicher oder auf die effizienteste und effektivste Weise. Viele der Probleme, die mit der Nutzung technischer Produkte und Systeme verbunden sind, ergeben sich aus dem rasanten Tempo des technologischen Wandels. Neue Technologien erscheinen so regelmäßig, dass es schwierig sein kann, sich mit einer vertraut zu machen, bevor die nächste ihren Platz eingenommen hat.

Drei gleichermaßen wichtige Schlüsselbegriffe bilden die Grundlage für die Anwendung, Instandhaltung und Bewertung technischer Produkte und Systeme. Die folgenden Zielvorgaben beziehen sich alle auf diese Grundgedanken, wobei die Spezifität und Komplexität in den einzelnen Klassenstufen zunimmt. Der erste Grundgedanke ist, dass **technisch versierte Menschen besser in der Lage sind, technologische Produkte und Systeme zu nutzen und einzuschätzen, als jene, denen es an technischer Literacy mangelt**. Damit Schülerinnen und Schüler bei der Anwendung, Instandhaltung und Bewertung technologischer Produkte und Systeme technologisch kompetent sind, müssen sie mit einer Vielzahl von Technologien in Berührung kommen und Gelegenheit erhalten, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten zur Beherrschung ihrer Nutzung zu entwickeln. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, geeignete Technologien für eine bestimmte Situation auszuwählen.

Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, Fehlfunktionen zu analysieren und geeignete Reaktionen und Abhilfemaßnahmen vorzuschlagen. Ein zweiter wichtiger Grundgedanke ist, dass **die Instandhaltung eines technischen Produkts, Systems oder Prozesses entscheidend ist, um in Betrieb gehalten zu werden und ordnungsgemäß zu funktionieren, und dass, wenn es zu Störungen kommt, eine angemessene Reparatur erforderlich ist.** Fehlersuche, Tests und Diagnosen sind wichtige Prozesse bei der Instandhaltung und Reparatur eines Produkts oder Systems. Als Problemlösungsprozess zielt die Fehlersuche darauf ab, die Ursache für eine Fehlfunktion eines Systems zu ermitteln. Effektive Problemlöser schließen systematisch verschiedene mögliche Erklärungen aus, da sie sich auf die Ursache des Problems konzentrieren.

Ein dritter Grundgedanke ist, dass **Menschen Informationen sammeln, zusammenfassen und analysieren sollten, bevor sie bei der Bewertung eines technischen Produkts, Systems oder Prozesses Schlussfolgerungen ziehen.** Um eine Technologie auf diese Weise bewerten zu können, sollten Schülerinnen und Schüler ermutigt werden, neue Fähigkeiten zu erwerben. Dazu gehören Tests, Schlussfolgerungen aus früheren Erfahrungen, Vorwegnahme möglicher Folgen, Modellierung und Entwicklung von Szenarien sowie Bestimmung von Nutzen und Risiken. Diese Fähigkeiten ermöglichen es Schülerinnen und Schülern, zu beurteilen, wie sich ein Produkt oder System auf den Einzelnen, die Gesellschaft und die Umwelt auswirken wird. Gleichzeitig sollten Schülerinnen und Schüler erkennen, dass technologische Aktivitäten unweigerlich mit Kompromissen und einem gewissen Risiko verbunden sind.

Klassenstufen PreK–2

Technik spielt im Leben von Kleinkindern eine wichtige Rolle, denn sie bietet ihnen Schutz, körperlichen Komfort, Spielzeug, Kleidung und Nahrung. Kleine Kinder interessieren sich für alles, was sie um sich herum sehen, und stellen Fragen darüber, wie die Dinge funktionieren und warum sie auf

eine bestimmte Weise funktionieren und wie die Dinge zustande gekommen sind. Sie sollten ermutigt werden, zu forschen, vielleicht durch Zerlegen und Vergleichen technischer Objekte, um ihre Funktionsweise zu entdecken und ihre Verwendung und ihren Zweck besser zu verstehen.

Kleine Kinder sollten Informationen über alltägliche Produkte und Systeme sammeln, indem sie Fragen stellen. Diese Fragen sind wichtig, um die Fähigkeit zu entwickeln, Entscheidungen über die Nutzung von Technologie zu treffen und deren Wirksamkeit zu bewerten oder um technische Probleme zu erkennen und zu beheben. Das Konzept des Sammelns von Informationen als Mittel zur Entscheidungsfindung sollte behandelt werden, wenn sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Sammeln von Informationen auch in den Naturwissenschaften und der Mathematik beschäftigen. Anhand leicht zu beobachtender Anforderungen (z. B. Zahlen, Größe, Beschaffenheit, Gewicht und Bewegung) identifizieren, kategorisieren und vergleichen Schülerinnen und Schüler verschiedene Arten von Technologien.

Bei der Verwendung von Produkten und Systemen müssen Schülerinnen und Schüler häufig gängige Werkzeuge wie Hefter, Lineale, Scheren und Klammern verwenden. Viele Schülerinnen und Schüler haben zwar schon einmal mit Werkzeugen gearbeitet, wissen aber möglicherweise nicht, wie sie richtig eingesetzt werden. Andere haben vielleicht keine Erfahrung mit einem bestimmten Werkzeug und benötigen eine sorgfältige Einführung in seinen Zweck und seine effektive, sichere Verwendung. Durch formelle und informelle Lernaktivitäten und von Lehrkräften geleitete Aktivitäten lernen Schülerinnen und Schüler den besten und sichersten Umgang mit einer Vielzahl von Werkzeugen.

Symbole sind wichtig, weil sie Informationen und Anweisungen auf effiziente Weise vermitteln. Kleine Kinder sollten erkennen, dass Symbole überall um sie herum zu finden sind, von Symbolen auf Bedienelementen von Geräten bis hin zu Warnschildern auf Straßen. In den Klassenstufen PreK–2 sollten Schülerinnen und Schüler grundlegende Symbole

erkennen und ein Verständnis von Symbolen, die Informationen vermitteln, insbesondere in Bezug auf die Sicherheit haben.

Um zu zeigen, dass sie wissen, wie technische Produkte und Systeme angewendet, instandgehalten und bewertet werden, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen PreK–2 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-8A. Analysiere, wie Dinge funktionieren.** Dies kann geschehen, indem etwas sicher und sorgfältig auseinandergenommen und dann wieder zusammengesetzt wird. Die Fähigkeit zu beobachten, zu analysieren und zu dokumentieren ist entscheidend für die erfolgreiche Bewältigung dieser Aufgabe.
- **STEL-8B. Erkenne Symbole des Alltags und verwende diese selbst.** Symbole werden in der technischen Welt als Kommunikationsmittel verwendet. Beispiele sind Straßenschilder, Symbole für Menschen mit Behinderungen und Icons auf einem Bildschirm.
- **STEL-8C. Beschreibe die Eigenschaften von Alltagsprodukten.** Technologiebewertung, d. h. die Fähigkeit, die Wirksamkeit einer Technologie kritisch zu analysieren, ist eine Fähigkeit, die frühzeitig und konsequent eingeführt werden sollte. Ist eine Brotdose hart oder weich, aus Metall oder Plastik, isoliert oder nicht? Ist in der Box genug Platz für die mitgebrachten Lebensmittel?

Klassenstufen 3 bis 5

Aufbauend auf den Kenntnissen aus den Klassenstufen PreK–2 lernen Schülerinnen und Schüler mehr über die Verwendung von Produkten und Systemen. In diesen Klassenstufen werden Schülerinnen und Schüler ein Produkt oder System auseinanderbauen und analysieren und es rekonstruieren, um technische Systeme und die Beziehungen zwischen den Teilen besser zu verstehen. Das in solchen Übungen erworbene Wissen hilft ihnen, andere

Produkte, Systeme und Prozesse sicher zu nutzen und Fehler zu beheben.

Da die Schülerinnen und Schüler viele Gelegenheiten haben, Werkzeuge zu benutzen, sollten sie in der Lage sein, das am besten geeignete Werkzeug für eine bestimmte Aufgabe auszuwählen. Schülerinnen und Schülern muss auch beigebracht werden, dass sie bei der Verwendung von Werkzeugen vor allem an die Sicherheit denken müssen. Werkzeuge, die Schülerinnen und Schülern helfen, auf Informationen zuzugreifen, sie zu organisieren und zu bewerten, sollten besondere Aufmerksamkeit erhalten.

Darüber hinaus sollten Schülerinnen und Schüler verschiedene Symbole in unterschiedlichen Umgebungen verstehen und verwenden können. Zu diesen Symbolen könnten Schilder in der Gemeinde und Symbole auf Computern gehören. Im Rahmen von Aktivitäten im Klassenzimmer können die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, neue Symbole zu schaffen, die zu Hause, in der Schule oder in der Gemeinde verwendet werden können. Sie können beginnen, die Notwendigkeit von Symbolen zu verstehen und zu erkennen, wie sie helfen, wichtige Ideen schnell zu vermitteln, sowie dass einige Symbole unabhängig von der Muttersprache universell sind.

Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 haben die Möglichkeit, Technologie unter verschiedenen Gesichtspunkten (z. B. persönlich, familiär, ökologisch, wirtschaftlich) zu bewerten. Durch die Bewertung von Technik machen die Schülerinnen und Schüler einen Schritt in Richtung Selbstständigkeit und unabhängiges Denken. Indem sie lernen, Technologie zu bewerten, entwickeln die Schülerinnen und Schüler außerdem die Fähigkeit, Daten zu vergleichen und zu klassifizieren, um Entscheidungen zu treffen. Das Sammeln von Informationen beinhaltet die Durchführung von Untersuchungen und Beobachtungen über den Einsatz von Technologie und die anschließende Aufzeichnung der Beobachtungen in geeigneter Weise. Um zu wissen, wie Daten gesammelt werden, müssen Schüle-

rinnen und Schüler interdisziplinäre Fähigkeiten wie wissenschaftliche Beobachtung, statistische Analyse und sprachliche Fähigkeiten wie Notizen machen, Gliederung und informatives Schreiben anwenden und nutzen.

Schülerinnen und Schüler sollen erforschen, wie Technologie den Einzelnen, Familien, Gemeinschaften und die Umwelt beeinflusst. Wenn Schülerinnen und Schüler die bedeutenden Ereignisse lernen, die zur Gestaltung ihrer Gesellschaft beigetragen haben, legen sie den Grundstein für die Diskussion und das Lernen über die Entwicklung und den künftigen Einsatz technologischer Produkte, Systeme und Prozesse. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, die mit jeder Technologie verbundenen Kompromisse zu erkennen und abzuwägen und zu überlegen, ob die Vorteile die Nachteile überwiegen.

Um zu zeigen, dass sie wissen, wie technische Produkte und Systeme angewendet, instandgehalten und bewertet werden, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 5 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-8D. Befolge Anweisungen, um eine technische Aufgabe zu erledigen.** Die Entwicklung von Fähigkeiten beginnt in der Regel mit angeleiteten Anweisungen, und viele Aufgaben erfordern das Befolgen einer bestimmten Abfolge von Schritten.
- **STEL-8E. Verwende geeignete Symbole, Zahlen und Wörter, um wichtige Ideen über technische Produkte und Systeme zu vermitteln.** Die meisten dieser Symbole finden sich im täglichen Leben, z. B. das Alphabet, Zahlen, Satzzeichen oder Handelslogos. Es gibt aber auch technische Symbole, die Schülerinnen und Schüler kennen sollten, z. B. Gefahrstoffsymbole, Warnschilder und das Recyclinglogo.
- **STEL-8F. Ermittle, warum ein Produkt oder System nicht richtig funktioniert.** Technologische Systeme und Produkte sind nicht ewig haltbar. Schülerinnen und Schüler können verunsichert

sein, wenn sie erwarten, dass alles jedes Mal funktioniert. Eine Kette, die von einem Fahrrad-antrieb abspringt, wird zu einem lehrreichen Moment darüber, wie Dinge funktionieren und wie sie wieder zum Laufen gebracht werden. Es ist für alle Schülerinnen und Schüler wichtig, dieses Konzept zu lernen. Lehrkräfte können Fragen stellen, um herauszufinden, warum die Technologie nicht richtig funktioniert, was eine logische Erklärung für das Problem und was die einfachste Lösung dafür sein könnte.

- **STEL-8G. Prüfe Informationen, um Kompromisse bei der Verwendung eines Produkts oder Systems zu bewerten.** Um Technologien zu bewerten, könnten Informationen wie Kosten, Funktion, Haltbarkeit und Garantien zu Produkten wie Spielzeug, Lebensmitteln, Spielen, Gesundheitsprodukten, Schulbedarf und Kleidung gesammelt werden, um die Kosten, den Nutzen und die Kompromisse dieser Produkte oder Systeme zu beurteilen.

Klassenstufen 6 bis 8

Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen erkunden, benutzen und warten eine Vielzahl von Werkzeugen und Maschinen, Konsumgütern und technischen Systemen. Die Schülerinnen und Schüler wissen die richtigen Sicherheitsverfahren anzuwenden und Anweisungen oder andere Anleitungen zu befolgen, um eine sichere und effektive Arbeitsumgebung zu gewährleisten. In diesen Klassenstufen verwenden Schülerinnen und Schüler geeignete Instrumente zur Datenerfassung und zur Analyse von Informationen, um festzustellen, ob ein System effektiv arbeitet. Neben der Behebung von Problemen wird Schülerinnen und Schülern beigebracht, proaktiv zu handeln und angemessene Instandhaltungspläne aufzustellen, damit ihre technischen Produkte effizient funktionieren. Werkzeuge auf dieser Ebene werden in erster Linie für den Entwurf und die Herstellung von Produkten verwendet.

In den Klassenstufen 6 bis 8 arbeiten die Schülerinnen und Schüler an Lösungen für kompliziertere und anspruchsvollere technische Probleme. Schülerinnen und Schüler sollten z. B. erkennen, dass die Entwicklung eines Produkts die Verwendung einer Reihe von Methoden für den Problemlösungsprozess erfordert und dass diese Methoden andere sind als jene für die Feststellung, warum ein Gerät nicht funktioniert.

Um mit ineffizient gewordenen oder kaputten technischen Systemen umgehen zu können, erlernen Schülerinnen und Schüler die Fähigkeiten zur Diagnose, Fehlersuche, Instandhaltung und Reparatur. Sie sollten in der Lage sein, zu erkennen, wenn ein System nicht funktioniert, das Problem einzugrenzen, die fehlerhafte Komponente oder das Modul zu testen, festzustellen, ob sie das Problem beheben können, und zu entscheiden, ob sie Hilfe dabei benötigen.

Die Steuerung technischer Systeme erfolgt in erster Linie durch Rückmeldungen elektronischer oder mechanischer Sensoren. Diese Sensoren können Menschen mitteilen, ob ein System innerhalb sicherer Betriebsparameter arbeitet. Die von Sensoren vorgenommenen Messungen können Temperatur, Anzahl, Entfernung, Zeit und andere Faktoren umfassen. Steuerungen sind in einer Reihe von Systemen zu finden, darunter in Transportsystemen, Energiesystemen, Häusern und vielen anderen.

Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, Instrumente zur Datenerfassung zu nutzen. Sie sammeln und analysieren Daten, um Wissen zu schaffen, fundierte Entscheidungen über Technologie zu treffen und die Folgen technologischer Aktivitäten zu bewerten und zu überwachen. Schülerinnen und Schüler können mit Ideen über geistiges Eigentum und rechtlichen Schutz wie Patente, Urheberrechte und Marken vertraut gemacht werden. Durch die Kombination kritischen Denkens mit Informationsbeschaffung in Bezug auf Technologie werden Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, Produkte und Systeme effektiv zu bewerten und zu beurteilen.

Um zu zeigen, dass sie wissen, wie technische Produkte und Systeme angewendet, instandgehalten und bewertet werden, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-8H. Recherchiere Informationen aus verschiedenen Quellen, um technische Produkte oder Systeme zu nutzen und zu warten.** Schriftliche und grafische Informationen sind hilfreich, um zu lernen, wie ein Produkt benutzt wird, und um festzustellen, ob es richtig funktioniert. Darüber hinaus enthalten viele Handbücher Tipps zur Fehlerbehebung bei einem Produkt oder System.
- **STEL-8I. Verwende Werkzeuge, Materialien und Maschinen, um Systeme sicher zu untersuchen, einzustellen und zu reparieren.** Bei vielen Konsumgütern schreiben Gesetze bestimmte Sicherheitsvorkehrungen vor. Diese sollten durch Schulbildung erlernt werden. Werkzeuge werden von Schülerinnen und Schülern zur Diagnose, Einstellung und Reparatur verwendet. Wenn z. B. der Schneideinsatz einer CN-Drehmaschine verschleißt, muss die Ausrichtung des Schneideinsatzes auf das Rohmaterial angepasst werden.
- **STEL-8J. Verwende Geräte zur Steuerung technischer Systeme.** Schülerinnen und Schüler sollten mit Sensoren vertraut sein, um technische Systeme wie Roboter, Fahrzeuge mit alternativen Energien und andere Technologien zu steuern. Viele Maschinen sind mit Sicherheitsvorrichtungen zum Schutz des Benutzers ausgestattet.
- **STEL-8K. Entwickle Methoden zur Erfassung von Daten über technische Systeme.** Beispiele sind Geräte zur Prüfung der Wasser- oder Luftqualität, Leistungstests zur Bewertung von Dingen wie Genauigkeit oder Geschwindigkeit, zerstörende Werkstoffprüfung zur Analyse der Festigkeit und Haltbarkeit von Materialien usw.
- **STEL-8L. Interpretiere die Genauigkeit der gesammelten Informationen.** Die Entwicklung spezifischer Kriterien dafür, welche Informatio-

nen nützlich sind, ist wichtig, um Beurteilungen vorzunehmen. Manchmal ist die Bestimmung der Genauigkeit einfach, wenn beispielsweise Informationen von physikalischen Messgeräten wie einem Wasserreinheitsmessgerät abgelesen werden können. Manchmal ist die Genauigkeit eher schwer zu bestimmen, da die Bewertungen auf der öffentlichen Meinung beruhen, die von Gruppe zu Gruppe sehr unterschiedlich sein kann.

- **STEL-8M. Verwende Instrumente zur Sammlung von Daten über die Leistung von Alltagsprodukten.** Schülerinnen und Schüler sollten Nachweise nutzen, um komplexere Entscheidungen zur Technologiebewertung zu treffen. Durch die Überwachung der von einer Fotovoltaikanlage erzeugten Energie können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise feststellen, ob die Anlage entsprechend ihrer Nennleistung betrieben wird.

Klassenstufen 9 bis 12

In den Klassenstufen 9 bis 12 sollten Schülerinnen und Schüler dazu fähig sein, verschiedene Arten von Produkten und Systemen zu verwenden und zu warten – ein Schlüsselement der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy. Einige Schülerinnen und Schüler werden auch starke persönliche Interessen und Fähigkeiten in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen entwickelt haben und bereit sein, sich in diesen Bereichen weiterzubilden. Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, ihre Gedanken zu technologischen und technischen Produkten und Systemen zu artikulieren und zu kommunizieren.

Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, Systeme zu diagnostizieren, Fehler zu beheben, zu analysieren und zu warten. Diese Fähigkeiten sind von zentraler Bedeutung, wenn es darum geht, Systeme in gutem Zustand und funktionsfähig zu halten. Schülerinnen und Schüler sollten die Bedeutung vorbeugender Instandhaltungspläne verstehen und sich mit der Fehlersuche sowie Forschung und Entwicklung befassen.

Wie bereits im Zusammenhang mit Klassenstufen hervorgehoben wurde, ist der sichere und effektive Einsatz von Werkzeugen und Maschinen ein wichtiger Bestandteil der technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy. Schülerinnen und Schüler sollten viele Gelegenheiten erhalten, verschiedene Werkzeuge zu benutzen, um Daten und Informationen zu erfassen, zu überwachen, zu organisieren, zu diagnostizieren, zu pflegen, zu interpretieren und zu bewerten, die dann zur Lösung technischer Probleme verwendet werden können. Der sichere Umgang mit Werkzeugen wird in allen Phasen des Entwurfs und der Herstellung von Produkten erwartet.

Schülerinnen und Schüler lernen, Daten zu erfassen und diese für die Entwicklung und Steuerung technischer Systeme zu nutzen. Das Sammeln und Zusammenfassen von Daten ist von unschätzbarem Wert, um fundierte technische Entscheidungen zu treffen. Wer beispielsweise ein Produkt oder System kaufen möchte, kann recherchieren, wie vergleichbare Produkte in der Praxis abschneiden und ob aussagekräftige Trends zu erkennen sind. Steigt der Marktanteil eines bestimmten Produkts, weil es besser funktioniert oder kostengünstiger ist als die Konkurrenz? Gibt es immer mehr Beschwerden über Produktausfälle? Sobald die Informationen gesammelt und ausgewertet sind, besteht der letzte Schritt bei der Bewertung eines Produkts oder Systems darin, zu entscheiden, ob dessen Einsatz sinnvoll ist. Um eine Entscheidung treffen zu können, sollten die Schülerinnen und Schüler die Vorteile und Risiken, Kosten, Grenzen, Möglichkeiten und Kompromisse technologischer Entwicklungen verstehen lernen.

Um zu zeigen, dass sie wissen, wie technische Produkte und Systeme angewendet, instandgehalten und bewertet werden, sollten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 zu Folgendem in der Lage sein:

- **STEL-8N. Verwende verschiedene Ansätze zur Vermittlung von Prozessen und Verfahren für die Nutzung, Instandhaltung und Bewertung**

technischer Produkte und Systeme. Beispiele für solche methodischen Ansätze sind verschiedene Diagramme (Fluss-, Zeitdiagramme etc.), Zeichnungen, Grafiken, Symbole, Tabellenkalkulationen und Webseiten. Die Zielgruppe kann dabei aus Gleichaltrigen, Lehrkräften, lokalen Gruppen und Unternehmen sowie größeren Gemeinschaften bestehen.

- **STEL-8O. Entwickle ein Gerät oder System für den Markt.** Recherchen zu bestimmten Themen, die für die Regierung oder die Wirtschaft von Interesse sind, können weitere Informationen zu einem Thema liefern – in vielen Fällen solche Informationen, die für die Entwicklung einer Erfindung oder Innovation erforderlich sind. Forschung und Entwicklung tragen dazu bei, ein Produkt oder System für die endgültige Produktion vorzubereiten. Diese Art der Produktentwicklung erfordert häufig nachhaltige Anstrengungen von Teams aus Menschen mit unterschiedlichem Hintergrund.
- **STEL-8P. Wende geeignete Methoden zur Diagnose, Einstellung und Reparatur von Systemen an, um eine präzise, sichere und ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten.** Für viele Verbrauchsgüter verlangen Gesetze die Einhaltung

von Sicherheitsstandards. Die Schülerinnen und Schüler verwenden Werkzeuge zur Diagnose, Einstellung und Reparatur. Die Überwachung des Betriebs, die Einstellung der Teile und die regelmäßige Instandhaltung eines Systems sind Teil der Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Systeme und der Sicherheit.

- **STEL-8Q. Erfasse Daten und Trends und analysiere diese, um Entscheidungen über technologische Produkte, Systeme oder Prozesse zu treffen.** Deduktives Denken und Techniken zur Datenerfassung können bei diesem Prozess helfen. Schülerinnen und Schüler sollten historische Ereignisse, globale Trends und wirtschaftliche Faktoren berücksichtigen, die Risiken bewerten, die sich aus einer technologischen Entwicklung ergeben, und abwägen, wie sie damit umgehen können.
- **STEL-8R. Interpretiere die Ergebnisse der Technologiefolgenabschätzung als Richtschnur für die Gesetzgebung.** Gesetze, Vorschriften und Meinungen prägen die Entwicklung und Nutzung von Technologie. Schülerinnen und Schüler sollten auf zunehmend differenzierte Weise verstehen, wie sich die Technologiebewertung auf die Entwicklung der Politik auswirkt.

Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken

Wenn Schülerinnen und Schüler die in den STEL-Kernstandards definierten Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen erwerben, werden sie wiederholt eine Reihe von Praktiken anwenden, die im Sinne der Technik oder der Ingenieurwissenschaften gängig sind. Je nach Quelle werden diese Praktiken unter anderem als „Practices“ (vgl. NGSS Lead States, 2013), „engineering habits of mind“ (vgl. National Academy of Engineering, 2019b) und „21st Century Skills“ (vgl. Partnership for 21st Century Skills, 2019) bezeichnet.

4

The right side of the page features a vertical strip with an abstract, futuristic digital background. It consists of a dark blue and black space filled with glowing orange, yellow, and white lines, suggesting data flow, circuitry, or a complex network. There are also some blurred, rectangular shapes that look like floating data packets or components. The overall effect is high-tech and dynamic.

Im Kontext allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy umfassen diese technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken Fähigkeiten und Dispositionen, die als grundlegend für den Erfolg von Schülerinnen und Schülern angesehen werden. Die Praktiken helfen Schülerinnen und Schülern, sich mit den von Menschen entworfenen Produkten, Systemen und Prozessen auseinanderzusetzen, die zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse und Wünsche genutzt werden.

Die Vermittlung dieser Praktiken ist ein wesentlicher Bestandteil der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy, da sie den Schülerinnen und Schülern hilft, den Umgang mit Technologie zu beherrschen und Gestaltungs- und Problemlösungsfähigkeiten zu erwerben. Diese Praktiken sind in einem interdisziplinären Kontext ebenso wichtig wie die in Kapitel 1 dargestellten Verbindungen zu den Naturwissenschaften, der Mathematik und den Geisteswissenschaften. In diesem Kapitel werden acht technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken definiert, die Funktionen der einzelnen Praktiken nach Klassenstufen beschrieben, einige Leitprinzipien für ihre Umsetzung angegeben und ein Überblick und ein Beispiel für jede Praktik gegeben. Die acht technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken werden auf folgende Weise beschrieben:

- **TEP-1. Systemdenken** bezieht sich auf das Verständnis, dass alle Technologien miteinander verbundene Komponenten enthalten und dass diese Technologien mit der Umgebung wechselwirken, in der sie eingesetzt werden. Dazu gehört auch ein Verständnis des universellen Systemmodells, das aus Inputs, Prozessen, Outputs und Rückkopplungen besteht.
- **TEP-2. Kreativität** ist der Einsatz von Nachforschung, Vorstellungskraft, innovativem Denken und handwerklichen Fähigkeiten, um Ziele zu erreichen, u. A. die Gestaltung technischer Objekte.
- **TEP-3. Gestalten und Umsetzen** stehen im Mittelpunkt dessen, was allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy gegenüber anderen Lernbereichen so anders macht. Lernende in diesem Bereich entwerfen, modellieren, bauen und nutzen technische Produkte und Systeme. Ob durch den Einsatz von Computersoftware, Werkzeugen und Maschinen oder anderen Methoden, Lernende lernen in diesem Bereich durch das tatsächliche Machen.
- **TEP-4. Kritisches Denken** bedeutet Hinterfragen, logisches Denken, Argumentation und Ausarbeitung im Prozess der Entscheidungsfindung. Kritisches Denken schließt analytisches Denken ein, das in vielen Teilbereichen der Technik und des Ingenieurwesens eine wichtige Komponente der Tätigkeit darstellt.
- **TEP-5. Optimismus** bezieht sich auf das Bestreben, durch Experimentieren bessere Lösungen für die Modellierung und Anpassung bei Herausforderungen im Rahmen der Gestaltung von Technik zu finden. Optimismus spiegelt auch eine positive Sichtweise wider, nach der sich in jeder Herausforderung Chancen finden lassen und eine beharrliche Suche nach Lösungen für technologische Probleme erfolgreich sein kann.
- **TEP-6. Zusammenarbeit** bezieht sich auf die Perspektiven, das Wissen, die Fähigkeiten und die Bereitschaft, Teammitglieder zu suchen und einzubeziehen, wenn es um die Aufgabe geht, die technische Welt zu gestalten.
- **TEP-7. Kommunikation** in der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy kann auf zwei Arten betrachtet werden: zum einen als Mittel zur Definition von Problemen durch das Verständnis der Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer oder der Nutzerinnen der Technologie und zum anderen als Mittel zur Entwicklung und Erläuterung von Entscheidungen, die im Gestaltungsprozess getroffen werden.

- **TEP-8. Ethische Sensibilität** gehört zum Kern des Menschseins in einer Gesellschaft. In der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy bedeutet ethische Sensibilität, sich auf die Auswirkungen technologischer Produkte, Systeme und Prozesse auf andere und auf die Umwelt zu konzentrieren. Schülerinnen und Schüler sollten Risiken bewerten und bei ihrer Entscheidungsfindung Kompromisse in Betracht ziehen.

Diese acht schülerzentrierten Praktiken sind gleichermaßen wichtig und ihre Reihenfolge in der Liste sollte nicht als hierarchisch betrachtet werden. Sie helfen den Schülerinnen und Schülern dabei, das Wissen, die Fähigkeiten und die Bereitschaft zu entwickeln, die Kernstandards in den verschiedenen Kontextbereichen erfolgreich anzuwenden. Um dies zu erreichen, sollten Lehrplanentwickler und Lehrkräfte die folgenden Leitprinzipien anwenden.

Leitprinzipien für den Unterricht in den Praktiken

Schülerinnen und Schüler aller Klassenstufen sollten diese acht technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken in einer Vielzahl von Kontexten anwenden. Diese Praktiken wurden als wesentliche Fähigkeiten für die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy des Einzelnen identifiziert und sind in ergänzender Weise ebenso wichtig wie die Kernstandards. Die STEL schreiben nicht vor, wie diese Praktiken gelehrt werden sollen, sondern überlassen dies den Lehrplanentwicklern und Lehrkräften. Sie sollten jedoch nicht als isolierte Praktiken unterrichtet werden. Ihre wiederholte Anwendung in einer Vielzahl von Kontexten wird es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, die Praktiken immer besser anzuwenden. Die Anwendungen werden in den verschiedenen Klassenstufen (PreK–2, 3 bis 5, 6 bis 8 und 9 bis 12) immer komplexer. Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die Erwartungen an Schülerinnen und Schüler für alle acht Praktiken nach Klassenstufe. Diese Tabelle zeigt, wie das Engagement für diese Praktiken mit der Zeit wächst.

Es sollte jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass ältere Schülerinnen und Schüler die Fähigkeiten aus früheren Klassenstufen beherrschen. Ebenso können jüngere Schülerinnen und Schüler über Erfahrungen verfügen, die es ihnen ermöglichen, in einem bestimmten Bereich auf einem höheren Niveau zu arbeiten. Daher sollten Lehrplanentwicklerinnen und Lehrplanentwickler sowie Lehrkräfte summative und formative Bewertungen nutzen, um die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken zu beurteilen.

Die Praktiken sind miteinander verbunden und überschneiden sich. Tatsächlich wäre es fast unmöglich, eine Praktik isoliert zu unterrichten. Der Hintergrund und die Beispiele, die für jede Praktik in diesem Kapitel gegeben werden, versuchen, zu beschreiben, wie integriert diese acht Praktiken sind und wie sie im Unterricht angewendet werden können.

Praktiken / Klassenstufen	TEP-1: Systemdenken	TEP-2: Kreativität	TEP-3: Gestalten und Umsetzen	TEP-4: Kritisches Denken	TEP-5: Optimismus	TEP-6: Zusammenarbeit	TEP-7: Kommunikation	TEP-8: Ethische Sensibilität
PreK-2	Lernen, dass die vom Menschen gestalteten technischen Dinge miteinander verbunden sind	Lernen, dass Menschen Produkte und Methoden zu deren Gestaltung entwickeln	Werkzeuge und Materialien zur Aufgabenbewältigung nutzen lernen	Zuhören, sich engagieren, Fragen stellen und diskutieren	Möglichkeiten zur Verbesserung von Technologien erkennen	Technik und Technologie und Ideen dazu teilen	Lernen, dass Menschen viele Möglichkeiten haben, zu kommunizieren	Lernen, dass der Einsatz von Technologie Auswirkungen auf Menschen und Umwelt hat
3 bis 5	Beispiele dafür zeigen, wie vom Menschen gestaltete technische Produkte miteinander verbunden sind	Neue Technologien testen und Strategien zur Verbesserung bestehender entwickeln	Altersgerechte Werkzeuge, Materialien und Prozesse sicher nutzen, um Projekte zu erstellen	Wissen, wie Antworten auf technische Fragen gefunden werden	Sich mit dem 'Tüfteln' beschäftigen, um einen Entwurf / eine Konstruktion zu verbessern	In Kleingruppen an Projekten zur Gestaltung von Technik mitarbeiten	Schriftliche und mündliche Kommunikationsfähigkeiten entwickeln	Ethische Dilemmata und mögliche Kompromisse im Zusammenhang mit Technologie erklären
6 bis 8	Ein Systemmodell verwenden, um zu zeigen, wie Teile technischer Systeme zusammenarbeiten	Innovative und originelle Ideen im Rahmen von Aufgaben zur Gestaltung von Technik anwenden	Sichere, effektive Methoden zur Fertigung technischer Produkte, Systeme und Prozesse aufzeigen	Entscheidungen in Bezug auf Technik auf Basis fundierter Informationen verteidigen	Technologische Produkte und Systeme kritisieren, um Bereiche zur Verbesserung zu identifizieren	Produktive Teamarbeit in Projekten zur Gestaltung von Technik beweisen	Über effektive Fähigkeiten in den Bereichen der technischen Kommunikation verfügen	Die Möglichkeiten der Regulierung von Technologien und deren Gründe verstehen
9 bis 12	Entwerfen und Probleme beheben in technischen Systemen unter Berücksichtigung der multiplen Systemkomponenten	Neuartige Ideen und Formen erarbeiten und beschreiben	Fähigkeiten im Bereich der Fertigung einsetzen und verbessern	Informationen nutzen, um Probleme in Technik, Technologie und Ingenieurwesen besser zu verstehen und zu lösen	Ausdauer zeigen bei der Bewältigung technischer Probleme und bei der Suche nach Lösungen für diese Probleme	Fähigkeiten und Fertigkeiten von Teamkollegen beim Problemlösen berücksichtigen und integrieren	Ideen klar und konstruktiv vermitteln, einschließlich schriftlicher und mündlicher Kommunikation	Technische Produkte, Systeme und Prozesse durch kritische Analyse ihrer Auswirkungen und Ergebnisse bewerten

Tabelle 4.1: Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktiken nach Klassenstufe

4.1 Praktik 1 (TEP-1): Systemdenken

Übersicht

Im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft bedeutet Systemdenken das Verständnis darüber, dass alle Technologien miteinander verbundene Komponenten enthalten und dass diese mit der sozialen und natürlichen Umgebung, in der

sie eingesetzt werden, wechselwirken. Technologien sind mehr als nur Produkte; sie umfassen auch die Prozesse und Ressourcen, die bei ihrer Entwicklung und Produktion eingesetzt werden, sowie die Auswirkungen ihres Einsatzes in übergeordneten Systemen, in dem die Technologien verwendet werden. In den alten Standards wird das System-

denken als „a technique for looking at a problem in its entirety, looking at the whole, as distinct from each of its parts or components. Systems-oriented thinking takes into account all of the variables and relates social and technological characteristics“ (ITEA/ITEEA, 2000/2002/2007, S. 242). Die National Academy of Engineering beschreibt das Systemdenken folgendermaßen: „Our world is a system made up of many other systems. Things are connected in remarkably complex ways. To solve problems, or to truly improve conditions, engineers need to be able to recognize and consider how all those different systems are connected“ (NAE, 2019b, Abs. 9). Was haben diese Definitionen gemeinsam und warum wird das Systemdenken als eine wesentliche Praktik im Bereich von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft angesehen?

Systemdenken kann die Art von interdisziplinärer Arbeit fördern, die für die MINT-Bildung unerlässlich ist. Wenn sich ein Lernender in diesem Bereich nur auf ein Produkt oder einen Aspekt eines technologischen Entwurfs konzentriert, sieht er nicht das größere systemische Bild, um in der Tiefe zu verstehen, was es tut. Ganzheitliche Lösungen und Ansätze, die durch Systemdenken entwickelt werden, erfordern die Berücksichtigung wissenschaftlicher, mathematischer, gesellschaftlicher, ethischer und ästhetischer Faktoren.

Ein nützliches Instrument zur Förderung des systemorientierten Denkens ist das universelle Systemmodell, das in den 1980er-Jahren erstmals im Technikunterricht eingesetzt wurde. Obwohl dieses Modell eine täuschend einfache Struktur aufweist (Input, Prozess, Output, Feedback), bildet es die ganzheitliche Betrachtung von Technologie, die das Kennzeichen des systemorientierten Denkens ist, genau ab und regt die Schülerinnen und Schüler zum systemorientierten Denken an. Der Input berücksichtigt die materiellen, finanziellen und energetischen Ressourcen, die zur Herstellung einer Technologie benötigt werden. Der Prozess untersucht, wie das Produkt oder System hergestellt wird und/oder welche Anforderungen an seinen Betrieb gestellt werden. Der Output betrachtet zunächst die

unmittelbare Leistung des Produkts oder Systems und dann im weiteren Sinne die (sowohl positiven als auch negativen) Auswirkungen seiner Nutzung. Das Feedback analysiert den Prozess und die Ergebnisse eines Produkts oder Systems und nutzt die aus dieser Analyse gewonnenen Erkenntnisse für den Betrieb des Produkts oder Systems und für mögliche Änderungen zur Verbesserung seiner Leistung oder zur Minimierung seiner negativen Auswirkungen auf die Nutzer oder Nutzerinnen, die Gesellschaft und die Umwelt. Das Ziel des Systemdenkens ist die Schaffung technologischer Lösungen, die effektiver, effizienter und vorteilhafter sind als es sonst der Fall wäre. Systemdenken ist in allen Phasen der technologischen Entwicklung und Nutzung wichtig.

Beispiele für Systemdenken in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

Der Einsatz von Design Challenges ist eine wichtige Methode, um das Systemdenken im Technikunterricht zu fördern. Eine Gestaltungsaufgabe, die sich auf Produktlebenszyklen konzentriert, könnte die Entwicklung eines einzigartigen Spielzeugs beinhalten, das in einer Kindertagesstätte getestet wird. Wenn die Schülerinnen und Schüler nur versuchen, ein buntes Spielzeug zu bauen, sehen sie vielleicht nicht das Gesamtbild. Stattdessen könnte die Lehrkraft eine Liste mit wichtigen lehrbaren und informativen Beurteilungspunkten bereitstellen, um von den Schülerinnen und Schülern zu verlangen, dass sie Benutzerbedürfnisse, Kriterien und Einschränkungen, Produktionsprozesse, Sicherheit von Kinderprodukten, Ethik und universelle Designelemente identifizieren, darüber nachdenken und reflektieren. Während das Spielzeug von den dreijährigen Endnutzerinnen und Endnutzern getestet wird, wird das Verständnis der Schülerinnen und Schüler durch die Einbeziehung des systemorientierten Denkens in den von der Lehrkraft entwickelten Unterricht vertieft. Bei der REACH-Challenge der ITEEA sind Teams aus Schulen und Hochschulen aufgefordert, eine adaptive oder assistierte Technologielösung zu entwerfen und zu entwickeln, die Schülerinnen und Schülern mit Mobilitätseinschränkungen hilft. Für das im Rahmen dieses Projekts notwendige

Systemdenken ist es wichtig, Mobilitätsprobleme zu verstehen, mit den Anforderungen des ‚Americans with Disabilities Act‘ (ADA) vertraut zu sein, mathematische Daten über die Person und ihre Mobilitätsbedürfnisse (z. B. Höhen, Entfernungen) sowie die für die gewählte Lösung zu verwendeten Materialien zu kennen, Konstruktionsprozesse zu verstehen, die Art der Stromquelle, falls vorhanden, zu kennen, die Haltbarkeit der Hilfstechologie sowie die Auswirkungen auf die Person, der geholfen werden soll, zu verstehen und andere Faktoren zu berücksichtigen. Durch Fragen, die sowohl das Systemdenken als auch das kritische Denken anregen, kann die Lehrkraft die Verbindungen zwischen allen gesammelten Informationen und den getroffenen Entscheidungen verstärken.

4.2 Praktik 2 (TEP-2): Kreativität

Übersicht

In einem typischen Kontext bezieht sich Kreativität auf Vorstellungskraft, ‚über den Tellerrand schauen‘ und das Entwickeln einzigartiger Ideen. In der Technik und im Ingenieurwesen bezieht sich Kreativität auf diese Aspekte und geht darüber hinaus. Die National Academy of Engineering (vgl. 2019b) beschreibt Ingenieurinnen und Ingenieure, die in ihrer Arbeit herausragende Leistungen erbringen, als diejenigen, die neue Muster erkennen oder sich neue Wege vorstellen, wie sie Dinge tun können, wenn sie die Welt betrachten. Dies zeigt sich am deutlichsten im Entwurfsprozess, da Ingenieure ihre Vorstellungskraft nutzen müssen, um Systeme und Objekte zu entwerfen, zu modellieren, zu produzieren und zu bewerten. Temes definiert ingenieurwissenschaftliche Kreativität als „the ability to change the direction of technological progress drastically and beneficially, or the ability to induce an inflection point in the development of some engineering field“ (2019, S. 1223). Obwohl Technik oft durch die Möglichkeit der praktischen und ökonomischen Anwendbarkeit beschränkt ist, nutzte die reine Ingenieurforschung in Einrichtungen wie Edisons Labor in New Jersey und den Bell Laboratories Kreativität und Innovation, um neue Wege zur Befriedigung menschlicher Wünsche und Be-

dürfnisse zu finden. Warner definierte Kreativität als „a human act or process that occurs when the key elements of novelty, appropriateness, and a receptive audience in any given field come together at a given time to solve a given problem“ (2000, S. 11). Diese Definition weist darauf hin, dass es im Zusammenhang mit der Ingenieurtätigkeit nicht ausreicht, einfach nur einen einzigartigen Ansatz zu haben; die Lösung muss auch dem festgestellten Bedarf entsprechen und für die Nutzer oder Nutzerinnen zufriedenstellend sein. Ergebnisoffene Probleme erfordern kreatives Denken, das zielgerichtet ist und mehrere Lösungen hervorbringt.

Die National Education Association hat in „An Educator’s Guide to the ‚Four Cs‘: Preparing 21st Century Students for a Global Society“ (vgl. 2019) gefordert, dass alle Lehrkräfte versuchen sollten, den Schülerinnen und Schülern bei der Entwicklung von Fähigkeiten in den Bereichen Kreativität und Innovation zu helfen. In diesem Bericht wird Kreativität auf drei Arten definiert:

Kreativ denken:

- Methoden zur Ideenfindung (z. B. Brainstorming) anwenden,
- neue und lohnende Ideen entwickeln (sowohl inkrementelle als auch radikale Konzepte),
- originelle Ideen zur Verbesserung und Maximierung kreativer Bemühungen ausarbeiten, verfeinern, analysieren und bewerten,

Kreativ mit anderen zusammenarbeiten:

- Neue Ideen entwickeln, umsetzen und anderen wirksam vermitteln:
- offen für neue und unterschiedliche Sichtweisen sein und den Input und das Feedback der Gruppe in die eigene Arbeit einbeziehen,
- Originalität und Erfindungsreichtum bei der Arbeit demonstrieren und die Grenzen der Übernahme neuer Ideen in der Praxis verstehen,
- Scheitern als Chance zum Lernen sehen und verstehen, dass Kreativität und Innovation Teil eines langfristigen, zyklischen Prozesses sind, der aus kleinen Erfolgen und häufigen Fehlern besteht; Innovation umsetzen.

Kreative Ideen umsetzen:

- einen greifbaren und nützlichen Beitrag zu dem Bereich leisten, in dem die Innovation stattfinden wird. (vgl. NEA, 2019, S. 25)

Im Unterricht im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy ist der Einsatz praxisnaher, konstruktionsbasierter Unterrichtseinheiten ein idealer Weg, um die Kreativität der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Die Bereitstellung zusätzlicher Zeit für das Brainstorming von Lösungen für offene Probleme und die Förderung der Kommunikation über individuelle und Team-Ideen sind zwei Möglichkeiten, um die persönlichen kreativen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu entfalten. Dieser Dialog sollte sich auf das Denken und Sprechen der Schülerinnen und Schüler über die Gestaltung konzentrieren, um sie tiefer in den kreativen Gestaltungsprozess einzubinden.

Beispiele für Kreativität in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

In einem Schulunterricht mit dem Schwerpunkt Videoproduktion wurden Teams aus Schülerinnen und Schülern mit der Aufgabe betraut, eine öffentliche Informations- oder Aufklärungskampagne zu entwickeln. Die einzigen Kriterien waren, dass die Werbespots genau 60 Sekunden lang sein und den Zuschauenden eine klare Botschaft über eine gemeinnützige Organisation vermitteln mussten. Teams von vier Schülerinnen und Schülern wählten eine Organisation aus einer Liste aus, die u. a. United Way, Habitat for Humanity, Shriners Hospital und das Rote Kreuz umfasste. Die Marketingleiterinnen und Marketingleiter für diese lokalen Organisationen wurden mit dem Angebot kontaktiert, kostenlos einen 60-sekündigen Werbespot zu erhalten, der von den Schülerinnen und Schülern produziert wurde. Um die Kreativität der Schülerinnen und Schüler zu fördern, zeigte die Lehrkraft ihnen Beispiele für professionell produzierte, öffentliche Informations- oder Aufklärungskampagnen, die für ihre einzigartigen Botschaften bekannt waren. Die Schülerinnen und Schüler sollten eine Woche lang

Ideen sammeln und recherchieren, um sie der Organisation vorzustellen. Die Schülerinnen und Schüler mussten Storyboards ihrer Ideen vorbereiten und eine Präsentation vor Vertreterinnen und Vertretern der Organisationen halten. Die Schülerinnen und Schüler berichteten, dass der kreativste Teil dieses Projekts darin bestand, Ideen zu entwickeln und dann ihre Vision den Organisationen in einer Live-Präsentation mitzuteilen.

Das zweite Beispiel für die Vermittlung von Kreativität stammt aus einer dritten Klasse einer MINT-Akademie. Die Lehrkraft stellte der Klasse ein technisches Problem vor. Die Schülerinnen und Schüler erhielten eine Kiste mit verschiedenen Materialien und mussten in Dreiergruppen ein Gerät entwerfen, das das abfließende Wasser vom Parkplatz der Schule filtert und es in den Schmetterlingsgarten der Schule leitet. Die Schülerinnen und Schüler besuchten den Parkplatz und den Schmetterlingsgarten, um Messungen vorzunehmen und ihre Ideen zu visualisieren. Die Lehrkraft stellte viele Fragen, um sie dazu zu bringen, kreativ darüber nachzudenken, was getan werden könnte. Zurück im Klassenzimmer wurde den Teams Zeit gegeben, um mögliche Lösungen für das Problem zu finden. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten, in einem Lerntagebuch über ihre Ideen zu reflektieren. Anschließend entwarfen und bauten die Schüler-teams mit den Materialien aus der Kiste ein Gerät zum Filtern des Wassers. Ihre Kreationen wurden an einem Tag, an dem es regnete, in der Nähe der Abflüsse auf dem Parkplatz angebracht. Am nächsten Tag wurden die Geräte wieder ins Klassenzimmer gebracht, um sie zu zerlegen und zu analysieren, wie gut sie funktionierten. Die Kreativität wurde in der Diskussionsrunde am Ende der Stunde gefördert, als die Schülerinnen und Schüler gefragt wurden, was sie beim nächsten Mal anders machen würden.

4.3 Praktik 3 (TEP-3): Gestalten und Umsetzen

Übersicht

Gestalten und Umsetzen kann in vielen formellen und informellen Settings stattfinden, einschließlich Bildungsumgebungen in der allgemeinen Techni-

schen Bildung wie Technikräume. Umsetzen bezieht sich auf den Akt der Schaffung von etwas, während das Gestalten im weitesten Sinne als die Anwendung praktischer Prozesse im Zusammenhang mit dem Entwurf, dem Bau, dem Betrieb und der Bewertung technischer Produkte und Systeme definiert werden kann. Das Gestalten kann eine Vielzahl von Aktivitäten umfassen, darunter Modellieren, Programmieren, die Verwendung von Werkzeugen und Geräten, die Erstellung von Präsentationsmaterialien und vieles mehr.

Gestalten und Umsetzen waren und sind grundlegende Bestandteile der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy. Im Laufe der Zeit hat sich das Gestalten und Umsetzen von der Fertigung vorgefertigter Objekte, die sich auf die Entwicklung handwerklicher Fertigkeiten konzentrieren, zur Schaffung innovativer Lösungen für offene Gestaltungsaufgaben verlagert. Offene Aufgabenstellungen ermöglichen es Schülerinnen und Schülern, Lösungen mit verschiedenen Ansätzen zu entwickeln. Sie erlauben es Schülerinnen und Schülern, Lösungen auf der Grundlage der Bedürfnisse der Endnutzerinnen und Endnutzer, möglicher technischer Einschränkungen und anderer Kriterien zu optimieren. Darüber hinaus geben ergebnisoffene Aufgabenansätze Schülerinnen und Schülern die Chance, kreative Lösungen zu entwickeln und Materialien und Fertigungstechniken auf einzigartige Weise zu nutzen. Dieser Wechsel zu einer ergebnisoffenen Perspektive beim Gestalten von Technik ermöglicht es Lehrkräften im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy, das Denken und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim Entwerfen, Konstruieren und Fertigen zu fördern und gleichzeitig Inhalte aus anderen Disziplinen zu integrieren. Diese Perspektive bietet auch reichlich Gelegenheit, die sich überschneidenden STEL-Grundkonzepte, Praktiken und Anwendungen zu behandeln.

Kinder sind von Natur aus neugierig, was ihre Faszination für das Verständnis der Funktionsweise von Technik oder die Suche nach neuen Wegen

zur Bewältigung von Aufgaben fördert. Wenn Schülerinnen und Schüler sich auf ergebnisoffene Praktiken des Gestaltens und Umsetzens einlassen, erleben sie einen Prozess, der dem ähnelt, den Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler, Technikerinnen und Techniker sowie Ingenieurinnen und Ingenieure oft durchlaufen, wenn sie sich einem Problem aus der Praxis nähern. Der Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozess, an dem Schülerinnen und Schüler teilnehmen, ist wichtiger als das Endergebnis, wenn es um die Entwicklung lebenslang einsetzbarer Fähigkeiten geht. Der richtige Umgang mit Materialien und Werkzeugen ist ein wesentlicher Bestandteil des Gestaltens und Umsetzens. Wenn Schülerinnen und Schülern beigebracht wird, wie Werkzeuge und Geräte während des Gestaltens und Umsetzens sicher bedient werden, stärkt das die Schülerinnen und Schüler und fördert ein Gefühl der Autonomie und Selbstständigkeit. Werkzeuge sicher zu benutzen und zu lernen, wie mit Materialien umgegangen wird, ist eine authentische Praxis von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Technikerinnen und Technikern sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren (vgl. Love, 2017; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; NGSS Lead States, 2013c). Lehrkräfte im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy verfügen über eine einzigartige Ausbildung und Sachkenntnis im Hinblick auf die Vermittlung eines sicheren Umgangs mit Werkzeugen und Materialien; daher spielen sie eine wesentliche Rolle bei der Förderung des Machens und Handelns in der MINT-Bildung.

Sicheres Gestalten und Umsetzen stehen im Mittelpunkt des Unterrichts im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy. Dies ist nach wie vor ein Merkmal, das diesen Bereich von anderen Inhaltsbereichen in der Schule unterscheidet. Darüber hinaus ist die Herstellung von Modellen und Prototypen ein Kennzeichen des Entwerfens, Konstruierens und Fertigens im Bereich der Technik und stellt einen wichtigen Unterschied zu anderen Designprozessen dar (vgl. Hailey, Erikson, Becker, & Thomas, 2005;

Kelley, 2010). Die Praktik ‚Gestalten und Umsetzen‘, die Techniklehrkräfte ihren Schülerinnen und Schülern vermitteln, entwickelt sich ständig weiter. Ein Beispiel, bei dem diese Entwicklung deutlich wird, ist die Fertigungstechnik. Das Gestalten und Umsetzen in diesem Bereich bestand traditionell darin, zu lernen, wie Handwerkzeuge und -maschinen sicher benutzt werden. Später wurde Schülerinnen und Schülern beigebracht, computergenerierte Entwürfe zu erstellen und CNC- oder andere automatisierte Maschinen zu programmieren. Da sich die Berufspraxis mit dem technologischen Fortschritt und der Verfeinerung der technischen Verfahren weiterentwickelt, muss auch die Ausbildung im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy die Aneignung dieser neuen Praktiken durch die Schülerinnen und Schüler fördern.

Das Lernen über Entwurf, Konstruktion und Fertigung im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen erfordert die Verwendung von fünf Arten von Modellen, die die Praktik ‚Gestalten und Umsetzen‘ darstellen. Dazu gehören **konzeptionelle Modelle** in Form von Ideen und Konzepten, **mathematische Modelle**, mit denen Mengen und Beziehungen erforscht werden, **grafische Modelle** wie Skizzen, Schaubilder und Diagramme, **physische Modelle** wie Prototypen, die Masse, Form und Funktion ausdrücken, und **virtuelle Modelle**, die Entwürfe und Systemleistung simulieren. Der umfassende Einsatz von Modellen ist ein weiteres Merkmal, das den Unterricht im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy von anderen Fächern in den heutigen allgemeinbildenden Schulen unterscheidet und einer der Gründe dafür ist, dass Schülerinnen und Schüler diesen Unterricht so sinnvoll finden.

Schülerinnen und Schüler können potenziell alle acht in diesem Kapitel genannten Praktiken im Rahmen von ‚Gestalten und Umsetzen‘ anwenden. Sie denken in Systemen (TEP-1), während sie Gegenstände entwerfen, konstruieren und fertigen. Durch den Einsatz ihrer Kreativität (TEP-2) und ihrer Fähig-

keiten zum kritischen Denken (TEP-4) können die Schülerinnen und Schüler die Anforderungen an eine Situation oder ein Problem analysieren und überlegen, wie sie auf ethische Weise eine Lösung für die Situation gestalten und umsetzen können (TEP-8). Die Schülerinnen und Schüler können schon in jungen Jahren erkennen, dass ihre technischen Lösungen oft besser werden (Praxis 5), wenn sie mit anderen zusammenarbeiten (TEP-5) und deren Fachwissen und Perspektiven einbeziehen. Wenn Schülerinnen und Schüler erfolgreich sind, gewinnen sie Vertrauen in ihre Fähigkeiten, im Klassenzimmer und in der Gesellschaft zu funktionieren. Mit dem Wissen, dass sie erfolgreiche Problemlöser sein können, entwickeln die Schülerinnen und Schüler auch ein Gefühl der Verantwortung für die Suche nach Lösungen, die den gesellschaftlichen Bedürfnissen entsprechen.

Beispiele für Gestalten und Umsetzen in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

„GoBabyGo Style“ ist ein MINT-Projekt, das im „Dream Ride“-Lehrplan der ITEEA und in Aktionen der Technology Student Association (TSA) auf der Ebene der Mittel- und Oberschulen verortet ist. Im Rahmen von „GoBabyGo Style“ bauen Schülerinnen und Schüler modifizierte Rutschautos für kleine Kinder mit speziellen Mobilitätsbedarfen. Die Teams aus Schülerinnen und Schülern haben die Wahl, ein Auto für den Einsatz in Bibliotheken, Kindertagesstätten oder anderen Gemeinschaftseinrichtungen oder komplexere Fahrzeuge, die speziell für ein einzelnes Kind angefertigt werden, zu entwerfen und zu bauen. Diese Autos sind eine Form der unterstützenden Technologie und werden von Schülerinnen und Schülern individuell gestaltet, wobei der Schwerpunkt auf pragmatischen Lösungen für die reale Welt liegt. Der Ansatz, die Entwürfe in fertige Produkte münden zu lassen, unterscheidet die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy von anderen Fächern, die nur einen theoretischen Ansatz zur Problemlösung wählen. „GoBabyGo Style“ ist ein Projekt mit einem praktischen Ansatz, das zu einem besseren Verständnis der Schülerinnen und Schüler

für unterschiedliche Bedürfnisse, Ergonomie und technische Komponenten führt.

Eine traditionelle Aktivität, die in der Ära der industriellen Kunst des 20. Jahrhunderts üblich war, war der Bau eines Vogelhauses. Schülerinnen und Schüler erhielten eine Reihe von Plänen und Anleitungen, um das gleiche Endergebnis zu erzielen (d. h. projektbasiertes Lernen³⁰). Diese Tätigkeit umfasste zwar Aspekte von Gestalten und Umsetzen, vernachlässigte aber eine kritische Komponente: das Denken in Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozessen. Wenn dieses Projekt aus dieser Sicht betrachtet wird, verwendet es andere Ansätze, bezieht andere Inhaltsbereiche ein, fördert komplexes Denken und berücksichtigt wichtige kontextbezogene Informationen bei der Gestaltung (d. h. problemorientiertes Lernen). Teams aus Schülerinnen und Schülern könnten damit beauftragt werden, Merkmale von Vögeln in ihrer Region zu recherchieren und sich insbesondere über die Lebensräume zu informieren, die diese Vögel bevorzugen. Auf der Grundlage dieser Informationen bestünde ihre Aufgabe darin, ein Vogelhaus innerhalb bestimmter Größenvorgaben zu entwerfen, die die ökologischen und biologischen Merkmale des von ihnen ausgewählten Vogels berücksichtigen. Bei der Fertigstellung ihrer Lösung müssten die Schülerinnen und Schüler die wichtigsten Merkmale ihres Entwurfs erläutern und darlegen, wie er die Bedürfnisse der ausgewählten Vogelart befriedigt und der Natur einen Mehrwert bringt. Die Schülerinnen und Schüler müssten bedenken, dass erfolgreiche technische Lösungen die Bedürfnisse und Wünsche der Endnutzer (in diesem Falle der Vögel) berücksichtigen.

Anstatt die Schülerinnen und Schüler das Vogelhaus mit Hand- und Elektrowerkzeugen herstellen zu lassen, könnten sie mithilfe von 3D-Designsoftware ein virtuelles Modell entwickeln und dann den Code für die Herstellung mithilfe von CNC-Maschinen schreiben. Um Schülerinnen und Schüler noch mehr

herauszufordern, könnten sie aufgefordert werden, ihr Vogelhaus so zu konstruieren, dass es Merkmale aufweist, die es ermöglichen, es zur Reinigung zu zerlegen. Die Schülerinnen und Schüler könnten auch Mikrocontroller-Sensoren einbauen, die so programmiert werden, dass sie Rückmeldungen geben oder Daten über die Vögel sammeln, die den Lebensraum nutzen. Schließlich könnten sie noch ein Poster entwerfen, das Informationen über die Vogelart, ihre Lebensraumbedürfnisse und die Merkmale des Vogelhauses, die diesen Bedürfnissen entsprechen, vermittelt. Obwohl dieses erweiterte Projekt zu einem ähnlichen Endprodukt wie das Vorgefertigte führt, zeigt das Vogelhausprojekt von 1950, dass die Vorgehensweise in Bezug auf die Praktik ‚Gestalten und Umsetzen‘ im Unterricht eine entscheidende Rolle für das Niveau des Denkens und den Grad der fächerübergreifenden Integration spielt.

Ein weiteres Beispiel ist die im MINT-Unterricht beliebte Herausforderung, einen Stuhl aus Pappe zu entwerfen. In der Vergangenheit haben Schülerinnen und Schüler oft Möbel nach vorgefertigten Plänen gebaut. Bei der Herausforderung, einen Stuhl aus Pappe zu entwerfen, haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, einen ansprechenden Stuhl zu entwerfen, der so wenig wie möglich Material verbraucht, aber ein durchschnittlich großes Kind oder einen Erwachsenen tragen kann. Das einzige Material, das sie verwenden können, um den Stuhl zusammenzuhalten, ist Pappe. Die Schülerinnen und Schüler müssen Konzepte untersuchen und anwenden, die zu strukturellem Design, Eigenschaften von Materialien, Ästhetik, Ergonomie und weiteren gehören. Bei diesem offeneren Ansatz verwenden die Schülerinnen und Schüler das Material effizient, nutzen übergeordnete Denkfähigkeiten im Bereich der Gestaltung von Technik und Technologie und integrieren mehr MINT-Konzepte in ihr Gestalten und Umsetzen.

30 Diese Anmerkung ist den Übersetzern nicht klar und konnte auch nicht geklärt werden. Im Verständnis der Autoren stellt „project-based learning“ keine reine Fertigungsaufgabe dar, wie hier beschrieben.

4.4 Praktik 4 (TEP-4): Kritisches Denken

Übersicht

Es ist wichtiger denn je, dass alle Menschen die Fähigkeit zum kritischen Denken entwickeln. Ob zu Hause oder am Arbeitsplatz, Menschen müssen in der Lage sein, Beweise und Behauptungen zu vergleichen und zu bewerten, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Dazu gehört die Beurteilung des Wertes und der Genauigkeit von Informationen sowie die Bewertung der Stichhaltigkeit der gezogenen Schlussfolgerungen. Im 21. Jahrhundert wollen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einstellen, die in der Lage sind, systematisch über wichtige Fragen und Probleme nachzudenken, Daten und Informationen zu sammeln und zu analysieren, sich an Standards in ihrem Bereich zu halten, bei der Entscheidungsfindung anpassungsfähig zu sein und Ansätze für komplexe Situationen effektiv zu vermitteln. Kritisches Denken ist nützlich für die Entwicklung besserer Methoden zur Strukturierung, Durchführung und Bewertung von Maßnahmen sowohl zu Hause als auch am Arbeitsplatz.

In der Bildung wird kritisches Denken bei Schülerinnen und Schülern in erster Linie durch den Einsatz entsprechender Fragen während des gesamten Unterrichts entwickelt. Lehrkräfte sollten Fragen stellen, die zum Nachdenken anregen und zu längeren und ausführlicheren Diskussionen in einem Klima der Offenheit und des Forschens führen. ‚Quality Talk‘ ist eine Strategie, bei der authentische Fragen gestellt werden, auf die die Schülerinnen und Schüler mit gut begründeten Argumenten und vollständig artikulierten Erklärungen antworten müssen. Diese Art des Dialogs kann auch innerhalb von Schülerinnen- und Schülergruppen gefördert werden, wenn sie Problemstellungen und Lösungen untersuchen.

Die Praxis des kritischen Denkens wird in fast allen Unterrichtsfächern unterrichtet. In den Sprachwissenschaften könnte dies bedeuten, sich mit den möglichen Bedeutungen eines literarischen Werkes zu beschäftigen. ‚Computational Thinking‘, das am häufigsten mit dem Bereich der Informatik in Verbindung

gebracht wird, bezieht sich auf den Einsatz kritischen Denkens und fundierter Argumentation zur Lösung von Problemen und zur Entwicklung von Systemen, einschließlich Computersoftware. Unabhängig vom disziplinären Umfeld beinhaltet kritisches Denken den Einsatz komplexerer Fähigkeiten wie der zur Analyse, Bewertung und Synthese.

Im Technikunterricht kann die Lehrkraft die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler zum kritischen Denken durch eine durchdachte Projektauswahl fördern. Die effektivsten Projekttypen dafür konzentrieren sich auf handlungsbasiertes Lernen mit authentischen, wenig definierten beziehungsweise offenen Problemen, die es zu lösen gilt. Schülerinnen und Schüler müssen systematisch nach alternativen Lösungen suchen, das Problem und die Lösungen kritisch prüfen, die Ergebnisse der vorläufigen Lösungen analysieren und bereit sein, Fragen zu beantworten, wenn sie ihre Lösungen präsentieren und verteidigen. Schülerdebatten über technologische Fragen können eine nachdenkliche Diskussion über die Auswirkungen der Technologie auslösen. Die Verwendung von Fallstudien kann zu einer Vertiefung der Arbeit und des Verständnisses der Schülerinnen und Schüler führen. Durch sorgfältiges Stellen von Fragen können Schülerinnen und Schüler von dem, was sie durch konvergierende Fragen wissen, zu dem übergehen, was sie durch den Einsatz von divergierenden Fragen wissen müssen.

Beispiele für kritisches Denken in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

Im Technikunterricht einer achten Klasse eröffnet die Lehrkraft eine Diskussion über die Auswirkungen einer Technologie mit dem Schwerpunkt auf fahrerlose Fahrzeuge. Es werden Fragen gestellt, die kritisches Denken anregen (während der Einführung, der angeleiteten Einzel- und Gruppenübungen und beim Abschluss). Einige dieser Fragen sind:

- Welche alltäglichen Aktivitäten werden durch den Einsatz fahrerloser Fahrzeuge beeinflusst werden? Warum glaubt ihr, dass fahrerlose Fahrzeuge irgendwann normal sein werden? Wenn dies zur

Norm wird und die Hersteller keine fahrgesteuerten Autos mehr bauen, welche Auswirkungen wird das haben?

- Was muss noch erfunden werden, damit dies Wirklichkeit wird?
- Wie wird sich das auf die Produktion auswirken? Wird sich die Form von Fahrzeugen dadurch verändern?
- Inwiefern werden die Straßen und Fußgängerinnen und Fußgänger sicherer sein?

Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, ihre eigenen Fragen zum kritischen Denken zu entwickeln. Diese Diskussion führt zu einer Aktivität, bei der die Schülerinnen und Schüler autonome Fahrzeuge so programmieren, dass sie durch einen Hindernisparcours manövrieren. Nach dem Test können sie die Herausforderungen bewerten, die bei der erfolgreichen Programmierung der Fahrzeuge aufgetreten sind, und diskutieren, wie diese Beobachtungen auf die Entwicklung fahrerloser Autos angewendet werden könnten.

Ein zweites Beispiel im schulischen Bereich: Eine Techniklehrkraft bittet im Kontext der Technikgeschichte eine Schülerin oder einen Schüler, die Rolle einer berühmten Erfinderin oder eines berühmten Erfinders der Technik zu spielen. Die Schülerinnen und Schüler müssen den Kontext, in dem die Erfinderin oder der Erfinder lebte und arbeitete, die besonderen Hindernisse, mit denen sie oder er konfrontiert war, und die Auswirkungen seiner Erfindung auf die Gesellschaft recherchieren. Die Schülerinnen und Schüler können dann eine Präsentation für die Klasse vorbereiten, die eine Liste von Fragen zum kritischen Denken enthält, die sie der Klasse während und nach ihrer Präsentation in einem Rollenspiel stellen.

In einem dritten Beispiel entwirft die Lehrkraft einer Schulklasse im Bereich Cybersicherheit ein Szenario, in dem das Computersystem einer Bank gehackt wurde. Die Schülerinnen und Schüler müssen zusammenarbeiten und ‚Computational Thinking‘ anwenden, um herauszufinden, wie der Hackerangriff durchgeführt wurde, wie die elektronischen Angriffe

vereitelt werden können und das System der Bank wieder in Betrieb genommen werden kann. Die Lehrkraft beginnt dieses Projekt, indem sie während der Einführung Fragen stellt. Die Schülerinnen und Schüler lernen, sich in kleinen Teams gegenseitig kritische Fragen zu stellen, um Lösungen zu entwickeln. Die Lehrkraft geht im Raum umher und hört bei den Diskussionen in den Kleingruppen zu. Die Lehrkraft verwendet eine Methode, um die Beteiligung der Schülerinnen und Schüler an der Diskussion zu bewerten, die durch das Stellen von Fragen zum kritischen Denken ermittelt wird. Wenn die Schülerinnen und Schüler beginnen, durch Programmierung Gegenmaßnahmen zu entwickeln, sollten ihre kritischen Fragen und Diskussionen zu positiven Lösungen führen. Wenn das Projekt abgeschlossen ist, stellt die Lehrkraft den Gruppen Fragen zum kritischen Denken über ihre Lösungen, z. B. was sie ändern würden.

4.5 Praktik 5 (TEP-5): Optimismus

Übersicht

Die National Academy of Engineering hat Optimismus als eine von sechs Praktiken des Ingenieurgeistes identifiziert und definiert sie als eine „Weltsicht, in der Möglichkeiten und Chancen in jeder Herausforderung gefunden werden können, und als ein Verständnis, dass jede Technologie verbessert werden kann“ (vgl. NAE, 2010) S. 45). Die NAE schreibt: „[E]ngineers, as a general rule, believe that things can always be improved. Just because it hasn't been done yet, doesn't mean it can't be done. Good ideas can come from anywhere and engineering is based on the premise that everyone is capable of designing something new or different“ (2019b, Abs. 5). In ähnlicher Weise hat die britische Royal Academy of Engineering das Optimieren als eine technische Geisteshaltung definiert, die sich durch Folgendes auszeichnet: „relentlessly trying to make things better by experimenting, designing, sketching, guessing, [and] ... prototyping“ (2014, S. 50). Man könnte sagen, dass das Verbessern im Zentrum der technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeit steht, weil diese Praxis den Einfallsreichtum und das Know-

how verkörpert, die der erfolgreichen Entwicklung technologischer Produkte und Systeme vorausgehen. Sie erkennt auch die Kompromisse an, die mit der Entwicklung jeder Technologie einhergehen, sowie die Notwendigkeit, optimale Lösungen zu finden.

Eine differenziertere Sichtweise des Optimismus im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy besteht darin, dass er ein direktes Spiegelbild der Motivation eines Schülers oder einer Schülerin ist, erfolgreich zu sein. Herausforderungen in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwesen erfordern Hingabe und Konzentration, um zufriedenstellende Lösungen zu finden. Dies wird erreicht, wenn Schülerinnen und Schüler die Ausdauer oder die ‚Zähigkeit‘ zeigen, um weiter an einem Problem oder einer Herausforderung zu arbeiten.

Die wünschenswerte positive Einstellung gegenüber der Fähigkeit von Technologie und Technik, die Welt zu verbessern, muss durch kritisches Denken (TEP-4) und ethische Sensibilität (TEP-8) eingerahmt sein. Der Glaube daran, dass die Welt durch Technologie und Technik verbessert werden kann, sollte nicht dazu führen, dass kritische Analysen unterdrückt oder eingeschränkt oder naive Sichtweisen über die Rolle der Technologie und der Technik entwickelt werden. Darin zeigt sich die Bedeutung des Systemdenkens (TEP-1) mit seinem ganzheitlichen Ansatz für technologische Aktivitäten.

Optimismus (oder Optimierung) als technologische und ingenieurwissenschaftliche Praktik kann bei Schülerinnen und Schülern durch die Kenntnis früherer Erfindungen und Innovationen, einschließlich der Einzelheiten ihrer Entwicklung und der Ergebnisse ihrer Nutzung, entfaltet werden. Während offener Entwicklungsaufgaben können Schülerinnen und Schüler ermutigt werden, ‚tiefer zu graben‘, um Verbesserungen an Designlösungen zu finden, anstatt sich auf die ersten Ideen zu konzentrieren. Durch die Bereitstellung von Unterstützung, Anleitung und Mentoring an wichtigen Punkten innerhalb einer

Unterrichtsstunde können Lehrkräfte Schülerinnen und Schülern helfen, ein Gefühl des Vertrauens aufzubauen, indem sie den erfolgreichen Abschluss von Aufgaben erleichtern. Die Schülerinnen und Schüler können dazu angeregt werden, ihre Arbeit so zu reflektieren, dass sie deutlich machen können, welche Strategien erfolgreich waren und auf welche Hindernisse sie bei der Lösung eines Problems gestoßen sind. Diese Art von metakognitiver Aktivität hilft ihnen, ein kritisches Bewusstsein für ihre eigenen Fähigkeiten als Denkende und Lernende zu entwickeln.

Beispiele für Optimismus in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

In einem Technikunterricht der Mittelstufe stellt die Lehrkraft ein Projekt vor, das zahlreiche Möglichkeiten bietet, Optimismus und Ausdauer zu beweisen. Drei Schülerteams werden beauftragt, eine offene Aufgabe zur Entwicklung eines Urban-Farming-Systems, das keinen Strom verbraucht und Wasserverluste verhindert, zu bearbeiten. Jedes Team entwirft Ideen und mögliche Lösungen für ein solches System für ein Dach. Wenn Schülerinnen und Schüler ihre Entwurfsphase fast abgeschlossen haben, kündigt die Lehrkraft an, dass die Teams nicht ihre eigenen Ideen bauen werden, sondern die Ideen einer anderen Gruppe umsetzen sollen. Die Lehrkraft zeigt auf, wie dieses neue Problem als Chance genutzt werden kann. Nach der Entwurfsphase werden die Teams angewiesen, die Entwürfe einer anderen Gruppe zu verwenden, um ein Urban-Farming-System als maßstabsgetreues Modell zu konstruieren. Um die Bedeutung von Optimismus und Beharrlichkeit zu verdeutlichen und die Schülerinnen und Schüler den Prozess reflektieren zu lassen, führt die Lehrkraft zum Abschluss eine offene Diskussion. Dieses Projekt für die Mittelstufe wurde am Massachusetts Institute of Technology entwickelt.

In einem zweiten Beispiel konzentriert sich eine Aktivität in der Oberstufe auf die Verwendung der wissenschaftlichen Präsentation zur Veranschaulichung oder Analyse eines MINT-Konzepts. Be-

ginnend mit der Auswahl eines MINT-Prozesses müssen die Schülerinnen und Schüler sowohl ihre Auswahl als auch ihr Zielpublikum begründen. In einem Beispiel wählen Schülerinnen und Schüler den Prozess der Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie in einer Turbine, mit dem Ziel, Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe zu demonstrieren, wie Turbinen bewegtes Wasser oder Wind in Strom umwandeln können. Die Schülerinnen und Schüler müssen diesen Umwandlungsprozess recherchieren und sich auch mit Computerhardware und Softwaretools vertraut machen, die zur Erstellung einer guten Visualisierung verwendet werden können. Um erfolgreich zu sein, müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Durch Tests mit Gleichaltrigen und schließlich mit Schülerinnen und Schülern aus der Zielgruppe verfeinern die Schülerinnen und Schüler ihr Projekt, bis eine effektive Präsentation erreicht ist.

4.6 Praktik 6 (TEP-6): Zusammenarbeit

Übersicht

Bei der Praktik ‚Zusammenarbeit‘ geht es darum, mit einer oder mehreren Personen zusammenzuarbeiten, um ein Ziel zu erreichen. Im Laufe des Lebens werden Menschen mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert; einige sind Routine, andere schwieriger. Manchmal müssen Menschen feststellen, dass sie nicht in der Lage sind, Probleme allein zu lösen. Sie erkennen, dass sie die Unterstützung anderer brauchen. In anderen Situationen erkennen sie vielleicht, dass sie mehrere Perspektiven benötigen, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen, und deshalb suchen sie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die unterschiedliche Kenntnisse und Erfahrungen mitbringen.

Ein Beispiel findet sich im Text „STEM4: The Power of Collaboration for Change“ (vgl. Advance CTE et al., 2018). Texas Instruments, ein großes und einflussreiches Technologieunternehmen, war besorgt darüber, dass die USA „falling short in preparing students for college majors or careers“ (Advance CTE et al., 2018, S. 1) im MINT-Bereich. Das Unternehmen versammelte MINT-Verantwortliche und

arbeitete mit ihnen zusammen, um ein Dokument zu erstellen, das „the need for systematic change in STEM policies and practices [deckte] in order to serve the nations' children, close opportunity gaps, and address systemic inequities“ (ebd. S. 6). Der daraus resultierende STEM-Report wurde nur durch die Zusammenarbeit zwischen Advance CTE, der Association of State Supervisors of Mathematics, dem Council of State Science Supervisors, der International Technology and Engineering Educators Association und Texas Instruments möglich. Ohne diese gemeinsame Anstrengung gäbe es die wichtigen Leitlinien, die in dem Dokument STEM zu finden sind, nicht.

Zusammenarbeit ist eine erlernte Fähigkeit. Pädagogen wissen: „[C]ollaboration is essential in our classrooms because it is inherent in the nature of how work is accomplished in our civic and workforce lives“ (NEA, 2019, S. 19). Vor dem Eintritt in die Schule haben Schülerinnen und Schüler selten die Möglichkeit, in einer Gruppe zusammenzuarbeiten. Die Herausforderung besteht darin, dafür zu sorgen, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, dass, auch wenn sie mit den Meinungen anderer nicht übereinstimmen, diese Meinungen wertvoll sind und berücksichtigt werden sollten. Kollaboration und Teamarbeit nutzen die Perspektiven, das Hintergrundwissen, die Fähigkeiten und die Neigungen der Teammitglieder, um Aufgaben zu bewältigen. Infolgedessen werden mehr Ideen eingebracht und es kann mehr kritisch analysiert werden, was die Erfolgswahrscheinlichkeit beim Entwurf und anderen Aktivitäten erhöht.

Klassenräume und Labore im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy bieten einzigartige Möglichkeiten für Schülerinnen und Schüler, gemeinsam an der Lösung von Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsaufgaben zu arbeiten. Die Durchführung praktischer Aktivitäten zur Lösung realer Probleme ist der Eckpfeiler allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy. Die Arbeit in kollaborativen Teams ist auch in der allgemeinen technischen, technologischen

und ingenieurwissenschaftlichen Literacy üblich, kann aber noch erweitert werden. Schülerinnen und Schüler, insbesondere solche mit begrenzter Erfahrung in der Projektzusammenarbeit, werden von einer Anleitung zur Strukturierung von Gruppenaktivitäten profitieren, sodass alle Perspektiven berücksichtigt werden und es eine gerechte Verteilung der Arbeitslast gibt, und die Teammitglieder entwickeln ein Gefühl der Verantwortlichkeit in die Gruppe. Die Zusammenarbeit kann auch dadurch gefördert werden, dass die Gruppenmitglieder um Schülerinnen und Schüler aus anderen Fächern erweitert werden, um andere disziplinäre Perspektiven einzubringen. Onlinekonferenzen haben es möglich gemacht, die Grenzen des Klassenzimmers neu zu definieren und Schülerinnen und Schüler aus anderen Regionen und Ländern einzubeziehen.

Beispiele für die Zusammenarbeit in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

Ein Beispiel für eine gemeinschaftliche Aktivität zeigt, wie das Kommunizieren der Schülerinnen und Schüler untereinander ihnen hilft, Gruppendynamiken zu verstehen und im Team zu arbeiten. Indem der Fokus auf eine Kommunikationsübung gelegt wird, können Schülerinnen und Schüler im Vorschulalter bis zur zweiten Klassenstufe Strategien erlernen, um in einem Teamumfeld zu kommunizieren. Es ist anzuerkennen, dass das Arbeiten im Team für diese jungen Schülerinnen und Schüler möglicherweise etwas völlig Neues ist. Die Herausforderung besteht darin, ihnen zu helfen, ihre Rolle im Team zu verstehen. Eine Aktivität könnte schlicht darin bestehen, dass Schülerinnen und Schüler gebeten werden, miteinander zu kommunizieren, um ein einfaches technisches Problem zu lösen. Jedes Team würde dann über das Problem diskutieren und der Klasse berichten, wie sie gemeinsam eine Lösung gefunden haben.

Eine Klasse einer Schule befindet sich in der Nähe eines großen Freizeitparks. Der Vergnügungspark kündigte Pläne an, eine bestehende Attraktion abzureißen und an ihrer Stelle eine neue Achterbahn zu errichten. Die Lehrkraft im Bereich der allgemeinen

technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy nutzte diese Gelegenheit, um ein neues Projekt zu entwickeln, indem sie Kleingruppen damit beauftragte, wichtige Teile einer Modellachterbahn zu entwerfen und zu bauen, die zu dem Thema des örtlichen Vergnügungsparks passen würde. Der echte Ingenieur, der an dem Projekt arbeitete, besuchte die Klasse, um eine Präsentation über das Design von Achterbahnen zu halten. Die Schülerinnen und Schüler dachten sich ein Wildwest-Thema für die Achterbahn aus, mit Abschnitten, die durch Goldgräbergebiete und kleine Westernstädte führen, und dem höchsten Punkt der Strecke, der auf den Tafelbergen des Hopi-Stammes endet. Die Teams arbeiteten zusammen, um eine Modellachterbahn mit flexiblen, maßstabsgetreuen Eisenbahnschienen und speziell entworfenen Achterbahnwagen zu bauen. Nach der Fertigstellung wurde der Ingenieur des Themenparks eingeladen, um das Projekt zu besprechen und kritisch zu betrachten.

4.7 Praktik 7 (TEP-7): Kommunikation

Übersicht

Kommunizieren ist eine Tätigkeit, die Menschen täglich erleben und praktizieren. Sie müssen ihre Gedanken und Ideen adäquat artikulieren, um in der Gesellschaft richtig zu funktionieren. Komplexe kommunikative und soziale Fähigkeiten sind sowohl für die Aufnahme von Informationen als auch für die Verarbeitung und für die Weitergabe von Informationen an andere notwendig. Die National Academy of Engineering schrieb: Im Zusammenhang mit dem Entwerfen, Konstruieren und Fertigen von Technik ist „communication [...] essential to effective collaboration, to understanding the particular wants and needs of a ‚customer‘, and to explaining and justifying the final design solution“ (NAE, 2009, Abs. 8). Kommunikation ist ein Prozess, den Menschen nutzen, um zu informieren, zu erziehen, zu überzeugen, zu kontrollieren, zu verwalten und zu unterhalten. Es liegt auf der Hand, dass gute Kommunikationsfähigkeiten notwendig sind, um in der Schule und im späteren Beruf erfolgreich zu sein. Heutzutage müssen Schülerinnen und Schüler

mehr Informationen verarbeiten und analysieren als je zuvor in der Geschichte der Menschheit. Sie müssen feststellen, welche Informationen korrekt sind, welche wichtig sind und welche eine Antwort erfordern. Neben dem Empfangen und Verstehen von Informationen anderer müssen die Schülerinnen und Schüler auch die notwendigen Fähigkeiten entwickeln, um ihre eigenen Gedanken und Ideen zu formulieren und klar zu kommunizieren.

Menschen lernen von Geburt an zu kommunizieren. Kommunikationsfähigkeiten entwickeln sich durch Erfahrung und Wiederholung dieser Erfahrungen. Vor dem Eintritt in die formale schulische Bildung lernen Kinder durch die Interaktion mit ihrer Familie und ihren Freunden zu kommunizieren. In einem schulischen Umfeld vermitteln die Lehrkräfte neues Wissen im Klassenzimmer. Möglicherweise ist der Eintritt in den Kindergarten / die Vorschule die erste Erfahrung, die ein Kind mit der Kommunikation in einer vielfältigen oder ungewohnten Umgebung macht. In der Schule ist es das Ziel, dass Schülerinnen und Schüler die Botschaft der Lehrkraft begreifen, sie verarbeiten und dann die relevanten Informationen auf sich selbst, ihr Leben und das Leben anderer anwenden. Schülerinnen und Schüler müssen aufmerksam sein und lernen, die Bedeutung dessen, was ihnen mitgeteilt wird, aufzunehmen und zu entschlüsseln.

Schülerinnen und Schüler im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy führen im Klassenraum an anderen Lernorten oft problemlösende Aktivitäten durch. Häufig erfordern diese Aktivitäten die Zusammenarbeit mit anderen. Zusätzlich zur Entwicklung ihrer individuellen Problemlösungsfähigkeiten wird von den Schülerinnen und Schülern erwartet, dass sie lernen, ihre Ideen und die Ergebnisse, die sie zur Lösung eines Problems verwendet haben, zu kommunizieren. Bei Gruppenaktivitäten wird von den Schülerinnen und Schülern verlangt, dass sie den anderen Schülerinnen und Schülern zuhören, ihre eigenen Ideen und Standpunkte durch Sprache, Zeichnungen oder Modelle zum Ausdruck bringen und dann die gemeinsamen Informationen diskutieren, um ein Problem zu lösen oder eine

Frage zu beantworten. Oft müssen Schülerinnen und Schüler auch Präsentationen vorbereiten, um ihre Arbeit zu erklären, sei es in Form von technischen Berichten, mündlichen Präsentationen, Zeichnungen oder Modellen oder auf andere Weise.

Beispiele für Kommunikation in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

In einem Grundschulwettbewerb, der auf Disneys „Toy Story“-Filmen basiert, sollen die Schülerinnen und Schüler ein Gerät entwerfen, das ihnen hilft, die Spielzeuge von ihren Abenteuern nach Hause zurückkehren zu lassen. Mit einer Auswahl an Materialien entwerfen und bauen die Schülerteams Vorrichtungen, mit denen sie die Spielzeuge sicher zurück in ihr Spielzeugregal bringen können. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren nach der Aktivität, welchen Kommunikationsstil und welche Entscheidungsmethode sie in ihrer Gruppe verwendet haben: Konsens, Mehrheit oder lauteste Stimme. Die Einführung in Kommunikationsstile bei der Arbeit in Kleingruppen in der Grundschule kann dazu beitragen, die Kommunikationsfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in der Mittelstufe und darüber hinaus zu verbessern.

Eine zweite Aktivität, die für Schülerinnen und Schüler konzipiert wurde, um ihre Kommunikationsfähigkeiten zu verbessern, ist der Wettbewerb der Technology Student Association (TSA) „Prepared Presentation competitive event“ (vgl. TSA). Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass die Präsentation von Informationen vor einem Publikum häufig zur Vermittlung von Fakten und Ideen genutzt wird. Die Schülerinnen und Schüler bereiten eine mündliche Präsentation mit Audio- und/oder visueller Untermalung vor, die sich auf das diesjährige Konferenzthema der Technology Student Association bezieht, und halten sie. Jede Schülerin und jeder Schüler achtet besonders auf eine interessante und ansprechende Einleitung. Die Präsentation muss klar und nachvollziehbar gegliedert sein. Die Bühnenpräsenz der Schülerinnen und Schüler (persönliches Auftreten, Haltung, Einstellung, Persönlichkeit und Selbstvertrauen) wird bewertet. Die Schülerinnen und Schüler müssen

eine korrekte Grammatik, Aussprache, Artikulation und Klarheit der Stimme demonstrieren. Sie fassen die präsentierten Informationen in einem Fazit zusammen. Wenn alle Schülerinnen und Schüler ihre Präsentationen beendet haben, beginnt die Diskussion in der Klasse. Die Diskussionen können sich auf die Herausforderungen beim Sammeln, Sortieren und Organisieren von Informationen konzentrieren, z. B. darauf, welche grafischen Darstellungen am effektivsten waren, auf Strategien, die ihnen geholfen haben, die Scheu vor dem Sprechen vor Publikum zu überwinden, und darauf, warum es für Schülerinnen und Schüler wichtig ist, gute Rednerinnen und Redner zu werden.

4.8 Praktik 8 (TEP-8): Ethische Sensibilität

Übersicht

Die Vermittlung von Ethik beginnt bei kleinen Kindern zu Hause, auf dem Spielplatz, in der Kindertagesstätte und an anderen Orten. Einfache Lektionen über das Teilen von Spielzeug, den respektvollen Umgang mit anderen und das Wissen des Unterschieds zwischen richtig und falsch werden den Kindern vermittelt. Außerdem lernen die Kinder, dass es Konsequenzen gibt, wenn sie gegen Regeln verstoßen. Diese Lektionen, aber auch Ermahnungen setzen sich in den Grundschuljahren und darüber hinaus fort. Auch wenn sich die Schülerinnen und Schüler in der Mittel- und Oberstufe eher gegen diese Botschaften wehren, ist die Vorstellung, dass die Gesellschaft sich auf die Verpflichtung aller Bürgerinnen und Bürger zu einem ethischen Verhalten bei ihren Entscheidungen und im Umgang mit anderen stützt, Grundlage einer stabilen Gesellschaft. In einigen Kulturen ist der Sinn für Ethik vielleicht stärker ausgeprägt als in anderen. In Japan z. B. wird eine gefundene Brieftasche in der Regel der Polizei übergeben, damit sie ihrer Besitzerin bzw. ihrem Besitzer zurückgegeben werden kann. In anderen Kulturen geschieht dies möglicherweise nicht.

Lehrkräfte versuchen, ihren Schülerinnen und Schülern zu helfen, effektiv in kleinen Gruppen zu arbeiten und Menschen mit besonderen Bedürfnissen oder Menschen, die anders sind als sie selbst, zu respektieren. Das Lesen ausgewählter Bücher (z. B. Dr.-Seuss-Geschichten³¹) kann die Idee des Respekts gegenüber anderen Menschen und der Umwelt erhöhen. Das Verfassen schriftlicher Berichte, z. B. in Ethik über negative historische Ereignisse und ihre Folgen, erlaubt es Schülerinnen und Schülern, über ihr eigenes Zuhause und ihre eigene Welt hinausblicken. Zur Ethik in der Literacy und im wirklichen Leben gehören die Normen und Werte Integrität, Disziplin und Ehrlichkeit. Die Lehrkräfte sollten Ethik vorleben, indem sie die Schülerinnen und Schüler gleichbehandeln, Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern respektieren und Schülerinnen und Schüler nicht vor der ganzen Klasse herausheben. Schülerinnen und Schüler wiederum sollten ihre Lehrkräfte respektieren. Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler verpflichten sich, die Klassenregeln einzuhalten. Dies lässt sich leichter erreichen, wenn die Schülerinnen und Schüler die Klassenregeln gemeinsam mit den Lehrkräften aufstellen.

Jede Technologie oder jedes System, das von Technikerinnen und Technikern sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren entworfen wird, sollte auf seine potenziellen Auswirkungen auf die Menschen und die Gesellschaft sowie die Umwelt hin überprüft werden. Manchmal werden unbeabsichtigte Folgen und Auswirkungen erst sichtbar, nachdem Produktion und Vertrieb bereits angelaufen sind. Außerdem können sich diese Auswirkungen auf bestimmte Gruppen oder Orte anders auswirken als auf andere, was die Identifizierung der Folgen schwieriger, aber auch kritischer macht. Die National Academy of Engineering (vgl. 2019b) bezeichnet diese Aufmerksamkeit für die Ethik in der Technik und im Ingenieurwesen als ‚Gewissenhaftigkeit‘, die sich auf die Verantwortung der Ingenieurinnen

31 Dr. Seuss, mit bürgerlichem Namen Theodor Seuss Geisel, war ein amerikanischer Autor und Illustrator, bekannt für Kinderbücher mit Reimen und lebhaften Illustrationen, die oft moralische Lektionen vermitteln, z. B. zu Akzeptanz und Umweltschutz. Zu seinen berühmtesten Werken gehören „Der Grinch“, „Cat in the Hat“ und „Der Lorax“.

und Ingenieure bezieht, die moralischen Aspekte ihrer Arbeit zu berücksichtigen. Da multinationale Unternehmen immer globaler strukturiert sind, ist es auch wichtig, dass die Menschen lernen, Menschen aus anderen Kulturen zu respektieren und mit ihnen zusammenzuarbeiten.

Im Unterricht im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy sollte Schülerinnen und Schülern vermittelt werden, dass übermäßiger Optimismus in Bezug auf Lösungen Ingenieurinnen und Ingenieure in ethische Dilemmata führen kann. Durch die Diskussion ausgewählter Beispiele können sie die unterschiedlichen Auswirkungen, die eine Technologie auf den Einzelnen und die Umwelt haben kann, besser verstehen und so die Voraussetzungen für kritisches Denken als Grundlage für die Entscheidungsfindung schaffen. Schülerinnen und Schüler können darin unterrichtet werden, wie Methoden wie Risikoanalyse, Technologiebewertung, Kosten-Nutzen-Analyse und Entscheidungsschemata eingesetzt werden. Um wirklich effektiv zu sein, muss jede Technologie nicht nur die unmittelbare Aufgabe erfüllen, für die sie entwickelt wurde, sondern sollte so optimiert werden, dass sie die erforderlichen Funktionen mit den geringstmöglichen negativen Auswirkungen auf die Nutzerinnen oder Nutzer und die Umwelt erfüllt.

Beispiele für ethische Sensibilität in Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften

In einem außerschulischen „Girls in STEM Club“ machen Mädchen in der fünften Klassenstufe Exkursionen, empfangen Gastrednerinnen und arbeiten an technischen Projekten. Ziel dieses Clubs ist es, die Gleichstellung der Geschlechter zu fördern und die Zahl der Mädchen zu erhöhen, die in ihrer Zukunft eine MINT-Karriere anstreben. Ein Projekt, an dem sie arbeiten, ist eines zur Mobilität von Schülerinnen und Schülern mit besonderen Bedürfnissen, bei dem die Mädchen eine Vorrichtung aus Pappe entwerfen und konstruieren, mit der sich mobilitätseingeschränkte Schülerinnen und Schüler durch ein typisches Grundschulklassenzimmer bewegen können, und anschließend eine Präsentation

über ihre Lösung halten. Dieses Projekt ermöglicht den Mädchen, zahlreiche ethische Überlegungen abzuwägen, darunter die Gleichstellung der Geschlechter, den Respekt vor außergewöhnlichen Schülerinnen und Schülern und die Prüfung der Auswirkungen ihrer Entwürfe.

In einem Schulunterricht für Fortgeschrittene im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy loggte sich die Lehrkraft bei www.ePALS.com ein, um Techniklehrkräfte im Ausland ausfindig zu machen, mit denen sie gemeinsam ein transnationales Projekt für ihre Schülerinnen und Schüler planen konnte. Ein japanischer Lehrer bekundete Interesse an dieser Idee, und es wurde ein Projekt entwickelt, bei dem Schülerteams an einem maßstabsgetreuen Modell der Internationalen Raumstation (ISS) arbeiteten. Die Arbeit wurde in WebQuest durchgeführt und die Teams bestanden aus zwei amerikanischen und zwei japanischen Schülerinnen und Schülern, die an verschiedenen Komponenten der ISS arbeiteten (Wohnbereich, Energieversorgung, Experimentierfeld und Steuerung). Um das Engagement zu fördern, wurden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, die ISS für im Weltraum lebende Teenager zu entwerfen. Gelegentliche Telefonkonferenzen wurden für die beiden Klassen abgehalten, um Engpässe und die Einhaltung von Projektfristen aufzuzeigen und zu diskutieren. Als das maßstabsgetreue Balsaholzmodell in den USA fertiggestellt wurde, wurde es zum Lackieren nach Japan verschifft. Acht US-amerikanische Technikstudierende reisten nach Japan, um die ISS im Rahmen einer großen Medienveranstaltung an der Mie Gakuen High School in Tsu City zusammenzubauen. Dieses Projekt erfüllte viele Ziele der ethischen Sensibilität, vor allem das Erlernen von Respekt und Zusammenarbeit mit anderen Kulturen.

Technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Kontexte

Das für das Unterrichten der acht Kernstandards am besten geeignete Umfeld ist ein Technikraum. Zudem bedarf es zur Sicherstellung der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy einer ausgebildeten Lehrkraft. Die Gestaltung von Technikräumen variiert je nach Stadt, Bezirk, Region, Provinz oder Land, in dem die Lernangebote angesiedelt sind. In den Standards für eine allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy werden solche Umgebungen als technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Kontexte bezeichnet.

Die Kontexte implizieren nicht immer einen bestimmten Unterricht oder ein bestimmtes Programm. Viele sind als Lerneinheiten innerhalb eines Schulunterrichts im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy oder als Exkursionsthemen sowie Lernaufgaben in Museen, Makerspaces in Bibliotheken oder Aktivitäten innerhalb einer entsprechenden Schülerorganisation (z. B. Technology Student Association – TSA), eines Wettbewerbs oder einer landesweiten MINT-Organisation angelegt.

Die technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Kontexte umfassen acht Bereiche, aus denen das Spektrum technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Aktivitäten hervorgeht. Der größte Teil der aktuellen Aktivitäten im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy lässt sich in einen oder mehrere dieser Bereiche einordnen, wie die nachstehende Auflistung ersichtlich macht.

- TEC-1: Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz
- TEC-2: Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren
- TEC-3: Verkehr und Logistik
- TEC-4: Energie und Leistung
- TEC-5: Information und Kommunikation
- TEC-6: Die gebaute Umwelt
- TEC-7: Medizin- und Pflorgetechnik
- TEC-8: Landwirtschaftliche Technologie und Biotechnologie

In diesem Kapitel werden die technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Kontexte beschrieben und mit den Kernstandards verknüpft und somit beschrieben, wie sie unterrichtet werden können. Die technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Kontexte fungieren als Anlass für den Unterricht sowie die Anwendung der Kernstandards und der technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken.

Jeder der acht in diesem Kapitel beschriebenen Kontexte umfasst:

- eine Verortung innerhalb der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy und der MINT-Bildung allgemein,
- eine Auswahl von Inhalten, die in US-amerikanischen Lehrplänen diesbezüglich beschrieben werden,
- Beispiele dafür, wie die Zielvorgaben der Klassenstufen mit Kursen, Projekten, Kurszielen und entsprechenden technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Praktiken in den USA und anderen Ländern verbunden werden können. Hier ist vielfach vorstellbar, dass die Schülerinnen und Schüler alle acht Praktiken anwenden. Für die Zwecke von STEL wird in jedem Beispiel nur auf eine davon Bezug genommen. Es handelt sich um eigenständige Beispiele, die nicht dazu gedacht sind, die Abdeckung eines bestimmten Themas im gesamten PreK-12-Spektrum zu illustrieren.

Bei der Umsetzung der Standards für die allgemeine technische, technologische und ingenieurwissenschaftliche Literacy sollten sich Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte in erster Linie auf die grundlegenden Kernstandards und die Zielvorgaben, erst danach auf die Praktiken konzentrieren. Die Programme, die im Zusammenhang mit den hier aufgeführten Beispielen erwähnt werden, stammen aus ausgewählten aktuellen nationalen und staatlichen (US-amerikanischen) Kursen in bestimmten Klassenstufen. Da sich die Kursbezeichnungen und Aktivitäten im Laufe der Zeit ändern, werden sie nicht explizit genannt, sondern sind mit allgemeinen Bezeichnungen versehen. Lehrkräfte, die verbindliche Ziele benötigen, sollten die Lehrpläne ihres Bundesstaates, ihrer Provinz oder Landes heranziehen.

Jeder der acht Kontexte bietet reichhaltige Möglichkeiten für den Erwerb der in den Kernstandards beschriebenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen sowie für die Anwendung der in Kapitel 4

aufgezeigten Praktiken. Darüber hinaus enthält jeder dieser Kontexte Wissen, das für den jeweiligen Bereich spezifisch ist. Zum Beispiel können im Kontext von Energie und Leistung Konzepte wie Energieumwandlung, Energieübertragung, Leistungsberechnungen und vieles mehr gelehrt werden. Da das Spektrum der technologischen Aktivitäten so groß ist und sich ständig verändert, konzentriert sich STEL auf das Grundwissen, auf Fähigkeiten und auf Einstellungen, die unabhängig vom spezifischen Kontext gelten können, und stärkt auf diese Weise die Literacy in den Bereichen Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaften im gesamten PreK-12-Spektrum. **Aktivitäten in diesem Rahmen benötigen immer einen Kontext.** Die Struktur von STEL ermöglicht es im Zuge von lokalen, staatlichen beziehungsweise nationalen Lehrplanentwicklungen, die Kontexte auszuwählen, die angesichts der mit ihnen einhergehenden spezifischen Bedürfnisse, Ressourcen und Ziele am sinnvollsten und angemessensten sind.

5.1 Kontext 1 (TEC-1):

Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz

Übersicht

Computertechnik wird oft als ein mathematischer Prozess betrachtet. Computational Thinking kann aber allgemeiner definiert werden als ein systematischer Ansatz zur Planung, Problemlösung und Entwicklung. In STEL wird Computertechnik für alle Kontexte verwendet, in denen Computational Thinking im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy zum Einsatz kommt. So lässt sich beispielsweise die Cybersicherheit direkt mit dem Kontext der Computertechnik verknüpfen. Computational Thinking besteht aus mehreren Elementen, darunter:

- Zerlegung von Problemen, Prozessen und/oder Daten in kleinere Teile,

- Erkennen von Mustern durch Identifizierung von Trends, Gemeinsamkeiten und Anomalien, die im Zuge von Beobachtung und Fehlersuche entdeckt werden,
- Generierung allgemeiner Prinzipien oder Ideen aus abstrakten Daten,
- Entwurf von Algorithmen, die Verfahren und Ansätze zur Bewältigung einer Aufgabe liefern,
- Anwendung von Algorithmen durch Entwerfen, Programmieren, Testen und Überarbeiten in physischen Anwendungen.

In dem Bildungsbereich Technologie- und Ingenieur-Literacy ist das Computational Thinking untrennbar mit dem Entwerfen, Herstellen und Programmieren physischer Geräte verbunden, ein Prozess, der häufig als Physical Computing³² bezeichnet wird. Obgleich auch andere Bereiche, etwa die Informatik, Computational Thinking anwenden, ist der spezifische Ansatz im Bereich Technik, Technologie und Ingenieurwesen mit der Automatisierung physischer Geräte und Systeme verbunden, die aus einem Entwurf oder einer Konstruktion resultieren, von einer solchen Basis stammen oder durch sie entstehen. Computertechnik findet sich in zahlreichen Anwendungsbereichen, einschließlich Automatisierung, Künstliche Intelligenz und Robotik. Computational Thinking ist in all diesen Kontexten erforderlich, insbesondere in der Materialumwandlung und -verarbeitung, im Verkehr und in der Logistik sowie in der Informations- und Kommunikationstechnologie. Darüber hinaus bildet es einen Teil mehrerer technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Kontexte.

Automatisierung umfasst den Betrieb und die Steuerung von Anlagen und Prozessen mittels programmierbarer Systeme. Als die Menschheit ein besseres Verständnis für die sie umgebende natürliche Welt entwickelt hatte, ermöglichte die Automatisierung eine schnellere, simplere und präzisere Mechanisierung von Prozessen. Sie beein-

32 Physical Computing bezeichnet die Interaktion von Computern mit der physischen Welt, oft vermittelt über Sensoren und Aktuatoren. Es schlägt eine Brücke zwischen der digitalen und der physischen Welt. Der Begriff wird im Deutschen unverändert verwendet.

flusste auch die Entstehung neuer und die Weiterentwicklung bestehender Technologien. Im Laufe der Geschichte hatte die Technologie viele positive und negative Auswirkungen, sowohl beabsichtigte als auch nicht vorhergesehene. Automatisierungen wurden im Laufe ihrer Entwicklung gleichermaßen hochgelobt und kritisiert. Die Automatisierung in ihrer einfachsten Form entstand durch Erfindungen wie die Baumwollentkörnungsmaschine von Eli Whitney, die das Trennen der Baumwollfasern von ihren Samen erleichterte. Ein moderneres Beispiel ist die automatisierte Montage in der Fahrzeugproduktion und in anderen Fertigungsbereichen. Dieser technologische Fortschritt erhöhte zwar die Genauigkeit und die Anzahl der hergestellten Produkte, führte aber auch zu einer Verringerung der Arbeitsplätze in diesem Bereich. Infolgedessen änderte sich die Rolle der Arbeitnehmenden und sie mussten für die Programmierung und die Instandhaltung dieser automatisierten Systeme umgeschult werden. Bei der Vermittlung von Fähigkeiten zur Entwicklung und Automatisierung dieser Systeme sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen, z. B. Sicherheit, Instandhaltung, Effizienz und Kompromisse. Schülerinnen und Schüler sollen in verschiedenen Kontexten, wie sie in diesem Kapitel beschrieben sind, Erfahrungen mit dem Entwurf, der Konstruktion und der Fertigung von Automatisierungsanwendungen machen.

Ähnlich der Automatisierung ist auch Künstliche Intelligenz (KI) ein kontrovers diskutiertes Thema. Sie lässt sich definieren als menschenähnliches Wissen und menschenähnliche Fähigkeiten, gezeigt von einem menschengemachten Gerät oder System. Künstliche Intelligenz ermöglicht es Menschen und Computern, Daten und Informationen zu sammeln, um Lebens- und Arbeitsbedingungen zu verbessern. Vielfach wurde KI kritisiert, da sie die Privatsphäre der Nutzenden durch potenziell unangemessenes Tracking von persönlichen Informationen über das Verhalten und die Gewohnheiten verletzen kann. Eine vorteilhafte Nutzung der gesammelten Informationen kann dazu beitragen, das tägliche Leben zu erleichtern, indem alltägliche Aufgaben automatisiert werden. Zum Beispiel kann

ein Thermostat, der vorhersagt, wann eine Person normalerweise nach Hause kommt, die Temperatur den Außentemperaturen entsprechend anpassen. Dies spart Energie und senkt die Menge der verwendeten erneuerbaren Energien sowie die Stromkosten. Zugleich können diese Daten missbraucht werden, um menschliches Verhalten nachteilhaft zu verfolgen. Beispielsweise ist denkbar, dass persönliche Assistenzgeräte in Wohnungen oder Autos Gespräche und Vorlieben an Unternehmen weiterleiten, um individuelle Werbung zu erstellen. Bei der Entwicklung von Systemen Künstlicher Intelligenz sollten Schülerinnen und Schüler auch auf diese Zusammenhänge hingewiesen werden. Das Entwerfen von Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz von Endbenutzerinnen und Endbenutzern ist nur eine Überlegung bei der Entwicklung von Anwendungen Künstlicher Intelligenz.

Künstliche Intelligenz stellt eine Form von Computational Thinking dar, die eng mit dem Leben von Schülerinnen und Schülern in Verbindung gebracht werden kann. Junge Menschen sollten darin unterrichtet werden, Muster mit Hilfe von Fähigkeiten im Bereich Computational-Thinking zu erkennen und Lösungen zur Verbesserung von Aufgaben mit Künstlicher Intelligenz und verschiedenen Technologien zu entwerfen. Beispiele für die Anwendung Künstlicher Intelligenz in verschiedenen Kontexten des täglichen Lebens sind intelligente Verkehrssignale, Gesichtserkennung zu Sicherheits- und Identifikationszwecken, Betrugserkennung, E-Mail-Filter und Erinnerungen, Produktempfehlungen, Musikempfehlungen, Navigationssysteme und intelligente Fahrzeuge.

Die Robotik ist seit langem ein zentraler Bestandteil von Technologie- und Ingenieurstudiengängen. Sie und die damit verbundenen Anwendungen haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt, und es ist zu erwarten, dass dies auch weiterhin der Fall sein wird. Zum Beispiel wurden Roboter traditionell genutzt, um die Fertigung effizienter zu gestalten, z. B. in der Montage und der CNC-Fertigung. Die Fortschritte in der Robotik ermöglichen es, diese Technologie auf raffiniertere Weise

und mit größerem Nutzen einzusetzen, z. B. bei medizinischen Robotern, die im Rahmen schwieriger Operationen zum Einsatz kommen. Roboter lassen sich als mechanische Geräte definieren, die Aufgaben automatisch oder mit unterschiedlichem Grad an direkter menschlicher Kontrolle ausführen. Mit der Weiterentwicklung der Robotertechnologie werden Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, die Robotik in neuen Anwendungen und Kontexten einzusetzen, um sicherere und präzisere Ergebnisse zu erzielen. Roboterwerkzeuge sind automatisierbar, sodass sie sich wiederholende Aufgaben oder solche ausführen, für die eine menschliche Arbeitskraft viele Stunden benötigen würde.

Mehrere Technologien und Inhaltsbereiche können integriert werden, um fortgeschrittene Systeme zu entwickeln, die Robotik beinhalten. Die Gestaltung des Robotersystems und die Schritte, die zu einer möglichst sicheren und effizienten Ausführung einer Aufgabe umgesetzt werden, sollten in diesem Zusammenhang im Vordergrund stehen. Roboteranwendungen inkludieren beispielsweise den Entwurf und die Programmierung eines kleinen Fließbands, die kontrollierte und autonome Navigation von Fahrzeugen und unbemannten Flugsystemen (UAS) für den Transport von Personen und Produkten, simulierte Sicherheitsanwendungen zur Einschätzung gefährlicher Situationen und hoch-effiziente landwirtschaftliche Praktiken.

Inhalte des Bereichs Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz

Es gibt viele Möglichkeiten, die Zusammenhänge von Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstlicher Intelligenz als Thema von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse, in den Unterricht zu integrieren. Viele staatliche Schulen führen eigenständige Kurse in den Bereichen Automatisierung, Computertechnik, Künstliche Intelligenz und Robotik in der Mittel- und Oberstufe ein, aber diese Schlüsselideen können auch in früheren Klassenstufen behandelt werden. Darüber hinaus integrieren die den Lehrplan Entwickelnden Unter-

richtsinhalte zu Automatisierung, Computertechnik, Künstlicher Intelligenz und Robotik. Die folgenden Beispiele enthalten exemplarische Unterrichtsstunden zu den Themen Automatisierung, Künstliche Intelligenz und Robotik für verschiedene Klassenstufen. Sie zeigen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten auf.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz: Kinder im PreK-2-Alter können **STEL-3A: Wende Konzepten und Fertigkeiten aus technischen Bereichen an, sodass sie andere Konzepte und Fertigkeiten über mehrere Inhaltsbereiche verstärken**, anwenden, indem sie Muster in technischen, mathematischen oder naturwissenschaftlichen Kontexten erkennen, und versuchen, vorherzusagen, wie sich diese Muster fortsetzen oder auf der Grundlage von erkannten Variablen verändern. Dies kann während einer Unterrichtseinheit zum Thema Spielzeug und andere technische Produkte geschehen. Das Entdecken und Beschreiben von Variablen bereitet Schülerinnen und Schüler darauf vor, nach Mustern zu suchen, die eine wesentliche Komponente des Computational Thinking darstellen. Dieses Beispiel kann mit **TEP-4: Kritisches Denken** verknüpft werden. Schülerinnen und Schüler der ersten Klasse können **STEL-2A: Veranschaulichen, dass Systeme aus Teilen oder Komponenten bestehen, die zusammenarbeiten, um ein Ziel zu erreichen** anwenden, und dies auf den Aufbau sowie die Funktion grundlegender elektronischer Schaltungen anwenden. Schülerinnen und Schüler, die an einer Lerneinheit zu dem Thema Licht und Ton teilnehmen, lassen sich anleiten, den Weg der Elektrizität in einem einfachen Schaltkreis zu verfolgen, der ein Alarmgerät wie ein Licht oder einen Summer mithilfe eines Schalters und einer Stromquelle einschaltet. Dieses Beispiel kann mit **TEP-1: Systemdenken** verknüpft werden.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz: Drittklässlerinnen und -klässler können **STEL-4F** in einer Unterrichtsein-

heit über Mechanik, in den USA üblicherweise auch in Bezug auf Statik im Sinne von Gebäudetechnik anwenden, was die Programmierung einschließt, indem sie **die nützlichen und schädlichen Auswirkungen von Technologie** erfassen. Diese Schülerinnen und Schüler können Technologien in ihrer Welt identifizieren, Automatisierung oder Künstliche Intelligenz nutzen und die positiven sowie negativen Auswirkungen erörtern. Um weitere Überlegungen anzustellen, könnten die Schülerinnen und Schüler diese Auswirkungen identifizieren und Lösungen vorschlagen, indem sie ein System entwerfen, das Automatisierung oder Künstliche Intelligenz einsetzt. Dieses Beispiel kann mit **TEP-7: Kommunikation** verknüpft werden.

Fünftklässlerinnen und -klässler könnten **STEL-8E anwenden, indem sie geeignete Symbole, Zahlen und Wörter heranziehen, um relevante Ideen zu technischen Produkten und Systemen zu vermitteln**. Auf diese Weise kann es ihnen gelingen, in einer Unterrichtseinheit zum Thema Robotik und Automatisierung einen einfachen Mikrocontroller oder Roboter zu steuern. Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, ein grafisches Programmiersystem wie Blockly zu nutzen, um Programme zu entwickeln, mit denen ein Mikrocontroller oder Roboter eine gewünschte Aufgabe erledigen kann, exemplarisch, ein Licht einzuschalten oder einen Summer zu betätigen, wenn eine Bewegung erkannt wird. Dieses Beispiel kann mit **TEP-2: Kreativität** verknüpft werden.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz: Schülerinnen und Schüler der sechsten Klasse könnten auf Basis von **STEL-5G Ergebnisse auf der Grundlage verschiedener Perspektiven als Teil eines Entscheidungsprozesses bewerten, der die Notwendigkeit durchdachter Kompromisse zwischen konkurrierenden Faktoren anerkennt**, um in einer Unterrichtseinheit über Automatisierungstechnik ein automatisiertes Haus zu entwerfen. Sie müssten verschiedene Sensoren entwerfen, testen und automatisieren, die auf Eingaben und Ausgaben angewiesen sind, um

nahtlos zu interagieren und Funktionen im Haus wie Temperatur, Beleuchtung und Sicherheit zu steuern. Dieses Beispiel kann mit **TEP-3: Gestalten und Umsetzen** verknüpft werden.

Basierend auf einer in Großbritannien entwickelten Unterrichtseinheit im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy könnten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 6 bis 8 **STEL-2S anwenden und folglich Entscheidungen im Zusammenhang mit einem Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsproblem** treffen. In der erwähnten britischen Unterrichtseinheit „Understanding Needs and Wants“ (Bedürfnisse und Wünsche verstehen) lernen Schülerinnen und Schüler die Beziehung zwischen Bedürfnissen und Wünschen kennen und denken darüber nach, warum Menschen bestimmte Produkte und Dienstleistungen kaufen. Wenn sie in einem Gedankenspiel aufgefordert werden, sich vorzustellen, dass sie in einen Wald oder an ein Meer ausgesetzt sind, können sie reflektieren, wie sehr sie von modernen Ressourcen abhängig sind. Dieses Beispiel lässt sich mit **TEP-6: Zusammenarbeit** verknüpfen.

Die Anwendung von **STEL-1J**, die darauf abzielt, **innovative Produkte und Systeme zu entwickeln, um individuelle oder kollektive Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen und Probleme zu lösen**, könnte für Schülerinnen und Schüler der achten Klasse relevant sein, wenn sie sich mit den unterschiedlichen physischen Herausforderungen von Militärveteraninnen und Veteranen auseinandersetzen. Indem ihnen die Möglichkeit eröffnet wird, ein Gerät zu konzipieren, zu testen, zu bauen und zu automatisieren, dass eine bedeutende Funktion für diese Veteraninnen und Veteranen erfüllt, können sie ihre Kenntnisse über Sensoren, Motoren, Steuerungen, Materialien und Techniken anwenden und vertiefen. Dies geschieht im Rahmen ihrer Bemühungen, eine Lösung zu automatisieren, die die individuellen Fähigkeiten erweitert. Die Aktivität steht im Einklang mit dem Ziel, **eine geeignete Körpermechanik, Ergonomie und Sicherheitsausrüstung sowie adäquate Techniken zu integrieren**,

um Verletzungen von Patientinnen und Patienten sowie Kundinnen und Kunden zu vermeiden, und kann mit **TEP-8: Ethische Sensitivität** verknüpft werden.

Teams von Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe wenden **STEL-2P: Entwickle ein geschlossenes System, das Feedback gibt und kein menschliches Eingreifen erfordert** während eines von einem Flugzeughersteller gesponserten Innovationswettbewerbs zur Entwicklung von Rettungsrobotern an. Ihnen wird ein Szenario in einem überfluteten Gebiet präsentiert, in dem sie Hilfsgüter liefern und Menschen retten müssen. In diesem Kontext entwerfen und bauen die Schülerinnen und Schüler unbemannte Luftfahrzeuge (UAV) oder Drohnen, die eine Nutzlast von Tischtennisbällen zu einem vordefinierten Ziel transportieren können. Darüber hinaus müssen die Schülerinnen und Schüler einen vorläufigen Entwurfsbericht erstellen, der die technischen und konzeptionellen Aspekte ihres Projekts umfasst. Dieses Beispiel kann mit **TEP-5: Optimismus** verknüpft werden.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Automatisierungstechnik, Computertechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz: In einer Elektronik-Unterrichtseinheit könnten Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse **STEL-7DD** anwenden, um **fortgeschrittene mikrocontrollergesteuerte Roboter oder automatisierte Systeme zu entwerfen, zu konstruieren, zu bauen und zu steuern**. Sie sollten in der Lage sein, die Programmiersprache zu nutzen, die erforderlich ist, um diese Objekte zu steuern und die gewünschten Aufgaben auszuführen. Dies kann beinhalten, Muster zu erkennen und auf deren Grundlage Anpassungen vorzunehmen. Zum Beispiel könnten sie ein kleines Fließbandsystem entwerfen, das fehlerhafte Produkte erkennt und Daten sammelt, die auf die Häufigkeit dieser unerwünschten Produkte schließen lassen, um die Sicherheit und die Effizienz der am Fließband hergestellten Produkte zu erhöhen. Diese Aktivität kann mit **TEP-1: Systemdenken** in Verbindung gebracht werden.

In einer Unterrichtseinheit über Roboter könnten Schülerinnen und Schüler der zwölften Klasse **STEL-6J** anwenden, um die **weitreichenden Veränderungen zu untersuchen, die das Informationszeitalter mit einer Verlagerung des Schwerpunkts auf die Verarbeitung und den Austausch von Informationen mit sich brachte**. Dies beinhaltet das Erkennen von Mustern im Informationsaustausch innerhalb eines komplexen Systems und deren Vorhersage. Eine solche Tätigkeit bedarf der Verwendung von mathematischen Gleichungen und Algorithmen. Zum Beispiel könnten die Schülerinnen und Schüler die Routen eines Verkehrssystems untersuchen und überlegen, wie das Erkennen von Mustern im Verkehrsfluss oder anderen Problemen eine effizientere Routenführung zulässt, die dem Controller oder System mitgeteilt wird. Darüber hinaus sollten sie berücksichtigen, wie sie die für diesen Prozess erforderliche Kommunikation sicher automatisieren können. Die Aktivität kann mit **TEP-4: Kritisches Denken** verknüpft werden.

5.2 Kontext 2 (TEC-2): Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren

Übersicht

Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren umfassen die Produktion physischer Güter, die ein breites Spektrum abdecken, darunter Werkzeuge wie Küchengeräte und Computer, Produkte wie Schuhe und Tennisbälle sowie biologische Materialien. Diese Bereiche haben sich im letzten Jahrhundert erheblich weiterentwickelt. Bevor industriell gefertigte Waren weit verbreitet waren, wurden viele Produkte auf Bestellung handgefertigt, wobei Einzelpersonen jedes Produkt für sich und in aufeinanderfolgenden Schritten herstellten. Durch Entwicklungen wie genormte Teile, Fließbänder und Automatisierung haben sich Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren massiv verändert. Aufgrund des Skaleneffekts ließen sich durch die Herstellung größerer Mengen Waren billiger produzieren. Mit zunehmender Präzision der Maschinen wurde auch die Herstellung komplexerer Produkte mit austauschbaren Teilen kostengünstiger. Der Fortschritt in der Werkstofftechnik und bei den Her-

stellungsverfahren schreitet voran. Dies inkludiert neue Modelle wie Crowdfunding, Open-Source-Design und nachhaltige Entwicklungen.

Alle Produkte werden aus Werkstoffen hergestellt, und ohne diese materiellen Ressourcen ist die Produktion nicht möglich. Obwohl jeder Werkstoff auf eine oder mehrere natürliche Ressourcen zurückgeführt werden kann, lassen sich nur sehr wenige Rohstoffe in ihrer natürlichen Form nutzen. Die meisten müssen zuerst zu einem bestimmten Grad verarbeitet werden, bevor sie zur Herstellung marktfähiger Waren Anwendung finden können. Beispielsweise entstehen einige Kleidungsstücke aus Baumwolle, aber bevor Baumwolle zur Herstellung von Kleidung verwendet werden kann, ist sie anzubauen, zu ernten, zu verarbeiten und zu Stoffen zu weben. Dies trifft auf die meisten Werkstoffe zu, sei es Stahl, Holz oder Kunststoff. Die Rohmaterialien müssen zunächst zu Werkstoffen verarbeitet werden, die dann zur Herstellung von Produkten zum Einsatz kommen. Dieser Prozess der Umwandlung von Rohstoffen in Werkstoffe wird als Primärherstellung bezeichnet.

Waren lassen sich auch in Bezug auf ihre Beständigkeit klassifizieren. Während des Herstellungsprozesses können Werkstoffe getrennt, geformt, kombiniert und modifiziert werden, um ihre endgültige Gestalt zu erreichen. Der Einsatz von 3D-Druckern in der Entwurfsphase führte zu einer beschleunigten Entwicklung von der Ideenphase bis zum fertigen Produkt. Mithilfe von Robotern, computergesteuerten Systemen und Automatisierungstechnologien können diese Prozesse schnell und präzise umgesetzt werden. In einigen Branchen wird das Konzept der Just-in-Time-Produktion (JiT) angewandt, in dessen Rahmen es möglich ist, Zulieferteile, fertige Komponenten und Werkstoffe genau dann zu liefern, wenn Bedarf besteht. Dieses Verfahren, das darauf abzielt, Lagerbestände zu minimieren, überträgt die Verantwortung für das situative Zustellen hochwertiger Teile und Werkstoffe auf die Zulieferer, was zu Engpässen führen kann, wenn die Lieferketten unterbrochen werden. Die moderne Fertigung ist darauf ausgerichtet, Pro-

dukte schnell zu entwickeln und herzustellen, um neue Märkte zu erschließen oder der Konkurrenz voraus zu sein.

Produkt- und Projektmanagement sind bedeutsame Komponenten der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy und erfordern spezielle Fähigkeiten. Das Management in der Fertigungsindustrie impliziert vier Hauptaktivitäten: Planung, Organisation, Führung und Kontrolle – zusätzlich zu Aufgaben in Forschung und Entwicklung, Produktion, Marketing, Arbeitsbeziehungen und finanziellen Angelegenheiten. Eine Produktmanagerin oder ein Produktmanager muss vielseitig begabt und technisch versiert sein. Das Management beinhaltet die Gestaltung von Systemen zur Steuerung des Materialflusses und der Lagerbestände in den Fertigungsprozessen. Die Fertigung kann auch kontinuierliche Verbesserungssysteme umfassen, darunter Lean Manufacturing, Total Quality Management, Six Sigma und andere. Darüber hinaus unterliegt die Fertigung staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften.

Wir leben in einer globalen Wirtschaft, in der Produkte, die in den USA, Portugal, Japan, China, Malaysia, Mexiko, Kanada und vielen anderen Ländern hergestellt wurden, weltweit verkauft und genutzt werden. Unternehmen können global agieren, indem sie Forschung und Design in einem Land betreiben und Produktion, Marketing und Vertrieb in anderen Ländern organisieren. Diese Globalisierung fordert von den Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern die Fähigkeit zur Anpassung und ein Verständnis für verschiedene Kulturen. Unsere Lebensqualität wurde durch die Fortschritte in der Werkstofftechnik und den modernen Herstellungsverfahren gesteigert. Diese Bereiche bieten nicht nur Arbeitsplätze, sondern sind auch ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor.

Inhalte des Bereichs Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren

Es gibt viele Möglichkeiten, Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren als Thema, von der Vorschule

bis zur zwölften Schulklasse in den Unterricht zu integrieren. Aktivitäten und Einheiten in den MINT-Kursen der Vor- und Grundschulstufe können die Materialumwandlung und -verarbeitung zusammen mit den Kernstandards aufgreifen. Viele staatliche Stellen führen eigenständig Kurse zur Materialumwandlung und -verarbeitung durch. Darüber finden sich in Lehrplänen Unterrichtsinhalte zum Thema Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren. In Anbetracht des Fortschritts in den neuen Technologien und der Forschung in diesem Bereich ist es sinnvoll, die Kernstandards zu unterrichten. Die folgenden Beispiele enthalten Unterrichtsinhalte aus dem Bereich Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren für verschiedene Klassenstufen. Sie zeigen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten auf.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren: Vorschulkinder können den Bereich **STEL-2A: Veranschaulichen, dass Systeme aus Teilen oder Komponenten bestehen, die zusammenwirken, um ein Ziel zu erreichen** anwenden, während sie ein Vogelhaus als Teil einer Einheit im Rahmen eines nationalen Lehrplans entwerfen und konstruieren. Die Lehrkraft kann die Schülerinnen und Schüler fragen: Was geschähe, wenn es keinen Boden gäbe? Wie wäre es, wenn es aus Papier gemacht wäre? Ließe sich ein Spielzeug benutzen, um ein Vogelhaus zu bauen? Warum unterscheiden sich die Fluglöcher von Vogelhäusern bei verschiedenen Vogelarten? Diese Aktivität bezieht sich auf **TEP-4: Kritisches Denken**.

Erstklässlerinnen und -klässler können **STEL-6A: Diskutieren, wie sich die Lebens- und Arbeitsweise der Menschen im Laufe der Geschichte durch die Technik verändert haben** anwenden, indem sie ein technisches System entwickeln, das Töne erzeugt und erkennt, was im Zusammenhang steht mit dem Ziel der Unterrichtseinheit „Identifizieren von Errungenschaften, die der Mensch in der Geschichte von Naturwissenschaften und Technik hervorgebracht hat“ und dem Bereich **TEP-6: Zusammenarbeit**.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren:

Drittklässlerinnen und -klässler können basierend auf **STEL-7N: Die eigenen Fähigkeiten im Entwerfen, Konstruieren und Fertigen technischer Objekte** üben, wenn sie in Teams einen Winterschuh entwerfen, der Witterung widersteht, und sich fragen, wie sie diesen bei milden Temperaturen ohne Schnee zu testen vermögen. Dieses technische und wissenschaftliche Entwicklungsprojekt ist mit **TEP-5: Optimismus** verknüpft. Schülerinnen und Schüler einer vierten Klasse in Großbritannien könnten in einer Unterrichtseinheit zu dem Thema „Treasure Box“ **STEL-8D anwenden: Befolge Anweisungen, um eine technische Aufgabe auszuführen**. Viele Kinder haben Lieblingsgegenstände oder Schätze. Diese sind für sie wertvoll, wenn auch nicht unbedingt in Geld gerechnet – ein schöner Kieselstein oder eine Muschel, eine kleine Spielzeugfigur, eine kleine Puppe, eine alte Münze, ein ungewöhnlicher Knopf, die Schnalle eines alten Schuhs ... In der Regel bestehen Verknüpfungen mit schönen Erinnerungen – einem Urlaub, einem Besuch, einem glücklichen Fund – und manchmal sind sie mit Freundschaften verbunden. Als herausfordernd erweist sich, dass sie leicht verloren gehen können. Eine Lösung für dieses Problem bieten der Entwurf und die Herstellung eines speziellen Behälters, in dem die Gegenstände sicher aufbewahrt werden können und dessen Aussehen auf die Bedeutung des Inhalts schließen lässt. Die Kinder haben die Aufgabe, einen oder mehrere kleine Gegenstände zu finden, die wertvoll sind, und eine passende Schatzkiste zu basteln. Sie könnten eine achteckige Schachtel planen und das Schnittmuster entwerfen, um diese aus Karton zu bauen. Nach dem Bau dekorieren die Schülerinnen und Schüler die Kiste, um sie zu personalisieren. Diese Einheit knüpft an **TEP-2: Kreativität** an.

Fünftklässlerinnen und -klässler können **STEL-2K: Beschreibe die Anforderungen an den Entwurf oder die Herstellung eines Produkts oder Systems** in einer Unterrichtseinheit anwenden, in der sie sich mit dem Konstruieren und Programmieren befassen, um ein automatisiertes, autonomes Fahrzeug für

die Auslieferung von Versorgungsgütern in einem Krankenhaus zu entwickeln. Es wäre möglich, dass sie ihre Entwürfe im Klassenzimmer testen und dann einen Ausflug in ein örtliches Krankenhaus machen, um fertig entwickelte Fahrzeuge auszuprobieren. Dieses Projekt steht in einem Zusammenhang mit **TEP-3: Gestalten und Umsetzen**.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren: Achtklässlerinnen und -klässler, die an einer Unterrichtseinheit zu technischen Systemen teilnehmen, verwenden **STEL-8I: Nutzung von Werkzeugen, Materialien und Maschinen, um Systeme sicher zu untersuchen, einzustellen und zu reparieren**, während sie lernen, ein technisches System in Stand zu halten. Die Systeme müssen eingestellt oder repariert werden und die Werkzeuge sowie die Geräte sicher verwendet werden. Diese Zielsetzung betrifft die Sicherheit beim Umgang mit dem entsprechenden Material sowie mit den Sicherheitsanforderungen in (Schul-)Werkstätten. Dieses Ziel kann mit **TEP-1: Systemdenken** verknüpft werden.

Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe können **STEL-3G: Erläutere, wie sich das in anderen Bereichen erworbene Wissen auf die Entwicklung von technischen Produkten und Systemen auswirkt** anwenden, wenn sie Bauteile messen und bemaßen sowie die Auslegung von Teilen innerhalb eines Produktentwicklungsprozesses berechnen. Im Rahmen eines solchen Projekts wurden beispielsweise amerikanische Teams von Schülerinnen und Schülern mit Teams von einer karibischen Insel zusammengebracht, um einen Tennisschläger für Kinder zu entwickeln. Da unterschiedliche Maßeinheitensysteme zum Einsatz kamen, bestand ein Teil des Unterrichts in der Umrechnung der Maße. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-7: Kommunikation**.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Werkstofftechnik und Herstellungsverfahren: Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufen, die eine Unterrichtseinheit zu computergesteuerter Fertigung belegen, können **STEL-4Q** anwenden:

Untersuche, ob bestehende und vorgeschlagene Technologien die Ressourcen nachhaltig nutzen. In einer solchen Unterrichtseinheit erstellen die Schülerinnen und Schüler mithilfe von Computer-Aided Design (CAD) und Computer-Aided Manufacturing (CAM) ein Produkt, um Rohmaterialien auf einer computergesteuerten Fräsmaschine (CNC) in eine geeignete Form zu bringen. In diesem Zusammenhang auftretende Diskussionen konzentrieren sich partiell auf Produktionsabfälle. Dies steht in Verbindung mit **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

Schülerinnen und Schüler, die an einer Unterrichtseinheit zu additiver Fertigung und Werkstoffen teilnehmen, können im Zuge von **STEL-5H eine technologische Innovation bewerten, die aus einem spezifischen Bedürfnis oder Wunsch einer bestimmten Gesellschaft hervorging**, während sie neue Materialien für den Einsatz in der fortgeschrittenen additiven Fertigung untersuchen. Gesellschaftlicher Widerstand gegen die Auswirkungen der Verwendung von bestimmten Materialien für 3D-Drucker führt dabei zu den Themen Materialnormung und Materialsicherheit. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

Zehntklässlerinnen und -klässler wenden **STEL-8O: Entwickle ein Gerät oder System für den Markt** an, indem sie in einem Team eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) entwerfen und verwenden, um ein Gerät zu steuern, das zuvor kein elektronisches Steuerungssystem enthielt, z. B. ein Spielzeugauto. Während des Projekts programmieren die Teams die Steuerung, beheben Fehlfunktionen und bewerten die Gesamtleistung des Steuerungssystems. Dieses Projekt unterstützt **TEP-3: Gestalten und Umsetzen**.

5.3 Kontext 3 (TEC-3): Verkehr und Logistik

Übersicht

Viele Menschen betrachten den Verkehr als eines der Grundbedürfnisse des Lebens. Verkehrssysteme bringen sie zur Arbeit, bieten ihnen bequemen Zugang zum Einkaufen, ermöglichen es ihnen, Freundinnen und Freunde sowie die Familie

zu besuchen, bieten Möglichkeiten zur Freizeitgestaltung und transportieren die materiellen Güter der Gesellschaft.

Das Verkehrssystem ist ein komplexes Netz von miteinander verbundenen Komponenten, die zu Lande, im Wasser, in der Luft und im Weltraum funktionieren. Viele der Teilsysteme des Verkehrssystems wie Autobahnen, Häfen, Flughäfen und Pipelines sind von anderen Teilsystemen abhängig, die aus noch kleineren, ihrerseits miteinander verbundenen und voneinander abhängigen Komponenten bestehen. Seit vielen Jahren nutzen Menschen verschiedene Transportmittel wie Schiffe, Boote, Jets, Hubschrauber, Aufzüge und Rolltreppen – neuere Verkehrsmittel werden nur in begrenzten Gebieten eingesetzt oder befinden sich noch im Versuchsstadium.

Logistik ist das Management von Material- und Informationsflüssen, die an der Lieferquelle beginnen und beim Verbrauchenden enden. In der Logistik geht es oft um eine datengesteuerte Entscheidungsfindung durch Datenmanagement und -analyse. Mit der zunehmenden Geschwindigkeit der digitalen Datenverarbeitung ermöglichen Fortschritte in der Logistik eine schnelle Reaktion der Transportsysteme auf Veränderungen der Daten. Dies wird als ein datengesteuerter Innovationszyklus bezeichnet, bei dem die Datengenerierung und -analyse dazu dienen, die Transportkapazitäten zu steigern und unerwarteten Herausforderungen zu begegnen. Beispiele für Verkehrssysteme sind die städtische Verkehrsleitung und die Optimierung von Verkehrssignalen mit dem Ziel, Staus zu verringern. Ein Beispiel für Logistik ist der Transport von Waren von einem Produktionsstandort in Indien zu einem Einzelhandelsgeschäft in den USA. Die Bestellung muss über Speditionen abgewickelt werden, die sich über Verteilungszentren mit internationalen Tarifen und Vorschriften, der Übersetzung von Informationen und verschiedenen Transportmitteln, z. B. Bahn, Schiff, Container, Lkw, befassen.

Je komplexer das Leben und die Arbeit werden, desto weniger verzichtbar sind Transport- und

Logistiksysteme. Im Laufe der Geschichte brachten Transportsysteme verschiedene Teile der Welt näher zusammen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts dauerte ein Flug über die USA z. B. etwa 26 Stunden. Aufgrund des technischen Fortschritts kann die gleiche Reise heute in fünf Stunden oder weniger zurückgelegt werden.

Da das Verkehrswesen ein fester Bestandteil des Lebens ist, halten die Menschen es oft für selbstverständlich oder betrachten es als einen natürlichen Teil der Welt. Mit den Fortschritten im Transportwesen ergibt sich für die Gesellschaft eine zunehmend starke Abhängigkeit von diesem. Autonome Fahrzeuge liefern Produkte und Personen basierend auf ausgeklügelten Softwareanwendungen aus. Heutzutage werden die Folgen für die Umwelt und andere Auswirkungen der rasanten Entwicklung von Verkehrstechnologien in hohem Maße berücksichtigt. Die künftige Nutzung von Verkehrsmitteln sollte Möglichkeiten zur Verringerung des Energieverbrauchs und der Luftverschmutzung einbeziehen und gleichzeitig die wirtschaftliche Entwicklung und den internationalen Handel fördern.

Kinder lernen im Laufe ihres Lebens verschiedene Arten von Transportmitteln kennen und betrachten den Verkehr in der Regel nur in Bezug auf einzelne Objekte wie Autos, Busse, Züge oder Fahrräder. Sie wissen, dass ein Auto Straßen und Autobahnen benutzt, aber sie verstehen mitunter nicht, dass Straßen und Autobahnen Teil eines größeren Straßensystems sind. Die Frage, was passieren kann, wenn ein bestimmtes Teilsystem nicht funktioniert (oder fehlt), könnte die Schülerinnen und Schüler dazu anregen, über die gegenseitige Abhängigkeit der Systeme im Verkehrswesen nachzudenken. Sie sollten die verschiedenen Teilsysteme des Verkehrssystems, z. B. Struktur, Antrieb, Federung, Lenkung, Kontrolle und Unterstützung, erkennen und wissen, wie sie zusammenarbeiten. Das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für das Verkehrssystem bedarf der Erweiterung um Konzepte wie den multimodalen Verkehr und die Logistik, die effektive Systeme zur Beförderung von Personen und Gütern darstellen.

Schülerinnen und Schüler sollten auch die gewichtige Rolle kennenlernen, die der Verkehr in den Bereichen Fertigung, Bauwesen, Kommunikation, Gesundheit und Sicherheit, Freizeit und Unterhaltung sowie Landwirtschaft spielt. Zum Beispiel ist die Warenbewegung in der dynamischen JiT-Fertigung direkt vom globalen Transportsystem abhängig. Viele Branchen verwenden Materialien und vorgefertigte Teile von weit entfernten Standorten. Diese Waren treffen genau dann ein, wenn sie benötigt werden, statt für den Einsatz zu einem späteren Zeitpunkt gelagert zu werden, um für die Herstellung von Produkten wie Autos und Kleidung Anwendung zu finden. Das Transportsystem ist der Schlüssel zum Einsatz der JiT-Fertigung, die zur Reduzierung des Lagerbedarfs und der Materialkosten beiträgt.

Inhalte des Bereichs Verkehr und Logistik

Es gibt viele Möglichkeiten, Verkehr und Logistik als Themen von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse in den Unterricht zu integrieren. In MINT-Kursen im Bereich PreK-2 können Schlüsselideen zu Verkehr und Logistik und den zentralen Kernstandards behandelt werden. Viele staatliche Stellen führen eigenständige Kurse oder Unterrichtsinhalte ein. Darüber hinaus werden Inhalte des Bereichs Verkehr und Logistik in die Curricula implementiert. Aufgrund der Entwicklung neuer Technologien und der Forschung in diesem Bereich ist es sinnvoll, die Kernstandards im Rahmen von Verkehrs- und Logistiktechnik zu unterrichten. Die folgenden Beispiele verweisen auf Unterrichtsinhalte aus dem Transport- und Logistikbereich für verschiedene Klassenstufen. Sie zeigen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten auf.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Verkehr und Logistik: Kleine Kinder wenden **STEL-4E: Entwerfe neue Technologien, die dein tägliches Leben verbessern** an, wenn sie erklären, wie Transporttechnologien ihnen helfen, zur Schule zu kommen. Dies entspricht dem Kursziel des Erstellens einer Liste von Themen und Lösungen im Bereich

Verkehr und Logistik für die lokale oder globale Gemeinschaft und führt zu **TEP-7: Kommunikation**.

Zweitklässlerinnen und -klässler könnten **STEL-3B: Stelle Verbindungen zwischen Technologie und menschlichen Erfahrungen her** im Rahmen einer Unterrichtseinheit zu Materialkunde und den Eigenschaften von Werkstoffen anwenden, indem sie Eiswürfel während des Transports von einem Abschnitt der Schule zu einem Bereich außerhalb transportieren müssen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten dabei eine Einführung in die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge der Wärmelehre und die Herausforderungen des Transports von verderblichen Lebensmitteln. Dies knüpft an **TEP-4: Kritisches Denken** an.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Verkehr und Logistik: Drittklässlerinnen und -klässler können im Kontext von **STEL-7I** ihre **Fähigkeiten im Bereich der Gestaltung technischer und technologischer** Systeme in einer Unterrichtseinheit zum Thema Raumfahrt anwenden. In einer Unterrichtseinheit im Bereich Physik mit einem Fokus auf das Fliegen lassen sich verschiedene Transportsysteme hinsichtlich ihrer Effizienz vergleichen und gegenüberstellen. Die Schülerinnen und Schüler übertragen den Entwurfsprozess auf die Logistik der Lieferung von Hilfsgütern in ein Gebiet, in dem sie aus der Luft angeliefert und von einem Flugzeug auf den Boden abgeworfen werden müssen. Dieses Projekt knüpft an **TEP-3: Gestalten und Umsetzen** an.

Viertklässlerinnen und -klässler, die eine Unterrichtseinheit zum Thema Energie durchführen, können **STEL-5D: Bestimme Faktoren, die Veränderungen in technologischen Systemen oder der Infrastruktur einer Gesellschaft beeinflussen** anwenden, wenn sie die Auswirkungen des Massentransports auf ihre Stadt bewerten. Dieser nationale Lehrplan enthält ein Ziel zum Thema Verkehr: Belege verwenden, um eine Erklärung zu konstruieren, die die Geschwindigkeit eines Prozesses mit dessen Energie in Beziehung setzt. Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Effizienz von Fahrzeugen,

die mit verschiedenen Systemen angetrieben werden: solar-, batterie-, elektro-, brennstoffzellen- und gasbetriebene Fahrzeuge. Diese Aktivität ist auch mit **TEP-8: Ethische Sensibilität** verknüpft.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Verkehr und Logistik: Schülerinnen und Schüler der sechsten Klassen können in einer Unterrichtseinheit zum Thema Verkehr **STEL-1J: Erkläre, wie Problemlösungen durch wirtschaftliche, politische und kulturelle Kräfte beeinflusst werden** anwenden, wenn sie beschreiben sollen, welche Art von Transportmittel am effizientesten ist, um einen bestimmten Gegenstand durch das Wasser zu befördern. Die Lehrkraft stellt vielfältige Fragen zu Problemen, die bei der Schifffahrt auftreten können, z. B., indem Hafenkräne stillgelegt sind, sich Propeller in Plastikmüll verfangen und ungünstige Wetterbedingungen herrschen. Dies entspricht dem Kursziel, verschiedene Antriebssysteme für Seeschiffe zu erörtern, und stellt eine Verbindung zu **TEP-4: Kritisches Denken** her.

Siebtklässlerinnen und -klässler wenden in einem Kurs **STEL- 2N: Veranschauliche, wie das Systemdenken die Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen berücksichtigt und wie ein System mit der Umgebung, in der es zum Einsatz kommt, interagiert** an, wenn sie die Teilsysteme einer Lieferdrohne und deren Zusammenwirken dahingehend beschreiben, dass die Drohne ein Ziel erreicht, eine Nutzlast abgeliefert und zu einer Basis zurückkehrt. Die Schülerinnen und Schüler erstellen in ihrem Entwurfstagebuch eine Matrix, in der die Funktionen der Struktur-, Antriebs-, Lenk-, Steuerungs- und Unterstützungssysteme erläutert werden. Dies stellt eine Verbindung zu **TEP-1: Systemdenken** her.

Klassenstufe 9 bis 12, Inhalte des Bereichs Verkehr und Logistik: Zehntklässlerinnen und -klässler können **STEL-6G: Überprüfe die Aussage, dass die Entwicklung der Zivilisation direkt von der Entwicklung und Verwendung von Werkzeugen, Materialien und Verfahren beeinflusst wurde und diese ihrerseits beeinflusste** anwenden. In einer problemorientierten Unterrichtseinheit beurteilen

sie, wie die Entwicklung und der Einsatz von Verbundwerkstoffen die Reisefähigkeiten von Menschen verbesserten. Die Schülerinnen und Schüler müssen in kleinen Teams arbeiten, um ihre Ergebnisse zu präsentieren und ihre Schlussfolgerungen zu diskutieren. Dies entspricht dem Kursziel, die Funktionsweise von Geräten zu beschreiben, die dazu dienen, verschiedene Formen von Energie oder Leistung in andere Formen von Energie oder Leistung umzuwandeln, und stellt eine Verbindung zu **TEP-6: Zusammenarbeit** her.

Schülerinnen und Schüler wenden **STEL-8Q: Erfasse Daten und Trends und analysiere diese, um Entscheidungen über technologische Produkte, Systeme oder Prozesse zu treffen** an, wenn sie ein intelligentes Verkehrssystem entwerfen, das Sensoren für eine sichere Fahrt enthält. Sie lassen ihr autonomes Fahrzeug durch einen Hindernisparcours fahren, müssen Hindernisse erkennen und diese vermeiden, um den Endpunkt zu erreichen. Jede Hindernisumgehung wird hinsichtlich Genauigkeit und Zeit bewertet. Dies entspricht dem Kursziel, verschiedene Arten von Prozesskontrolle bei autonomen Transportvorgängen zu definieren, und stellt eine Verbindung zu **TEP-5: Optimismus** her.

5.4 Kontext 4 (TEC-4): Energie und Leistung Übersicht

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Die Versorgung mit Energie bildet eine grundlegende Voraussetzung für die technologische Welt. Dass die Begriffe Energie und Leistung oft austauschbar verwendet werden, ist zu vermeiden, denn sie besitzen spezifische Eigenschaften, die sie unterscheiden. Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Leistung lässt sich definieren als die Geschwindigkeit, mit der Arbeit verrichtet wird. Die Beschreibung von Technik zur Bereitstellung und Wandlung von Energie und Leistung umfasst viele spezifische Ausdrücke und Begriffe, die zur Erklärung von Phänomenen und Maßeinheiten verwendet werden, sowie Formeln zur Durchführung von Berechnungen. Das Verstehen von Gesetzen der Thermodynamik einschließlich der Entropie, von

Energieeffizienz, eingebetteter (grauer) Energie, Energiesparmaßnahmen, fossilen Brennstoffen, Kohlenstoffemissionen und Abfall ist in diesem Zusammenhang zu erwarten.

Technische und technologische Produkte und Systeme benötigen ausreichend Energie, die erschwinglich und leicht zu kontrollieren ist. Die Nutzung und die Kontrolle von Energiequellen, die oft irgendeine Form von Brennstoffen sind, bilden Schlüsselmerkmale in der Entwicklung der Technologie. Diese Energie kann umgewandelt, gespeichert, abgerufen und transportiert werden.

Energie treibt die technologischen Produkte und Systeme an, die unsere Gesellschaft nutzt. Lebensqualität wird manchmal mit der Menge an Energie in Verbindung gebracht, die eine Gesellschaft verbraucht. Die Entscheidung, welche Energieform verwendet werden soll, beeinflusst unsere Gesellschaft und die Umwelt auf unterschiedliche Weise. Dabei sind stets Abwägungen vorzunehmen. Viele Energie erzeugende Systeme können die Umwelt verschmutzen. Einige Energiequellen sind nicht-erneuerbar – wenn sie einmal verbraucht sind, stehen sie nicht mehr zur Verfügung. Andere hingegen lassen sich erneuern, z. B. Treibstoff aus Biomasse wie Mais oder Holz. Derzeit decken wir viele unserer Energiebedürfnisse über das Verbrennen von fossilen Brennstoffen. Kernenergie stellt eine Quelle mit weniger Luftverschmutzungsrisiko und ohne CO₂-Anreicherung dar, allerdings ist nuklearer Abfall über längere Zeiträume gefährlicher als Abfall aus anderen Energiequellen. In den letzten Jahren hat die Nutzung von unerschöpflichen Energiequellen wie Solar- und Windenergie in vielen Teilen der Welt stark zugenommen.

Die Fähigkeit, Energie zu nutzen, um Arbeit zu verrichten und Aufgaben zu erfüllen, ist in der modernen Gesellschaft allgegenwärtig und wird oft übersehen, bis Ausfälle auftreten. Es liegt in der Verantwortung aller Bürgerinnen und Bürger, Rohstoffe mit Energielieferungspotenzial zu schonen, damit zukünftige Generationen Zugang zu diesen natürlichen Ressourcen haben. Um zu entscheiden,

welche Energiequellen weiterentwickelt werden sollten, müssen Menschen die positiven und negativen Auswirkungen der Nutzung verschiedener Energiequellen kritisch bewerten. Menschliche Entscheidungen zur Ausbeutung und Nutzung von Energie haben langfristige Auswirkungen und spiegeln unsere gesellschaftlichen Werte wider.

Inhalte des Bereichs Energie und Leistung

Es gibt viele Möglichkeiten, Energie und Leistung als Themen von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse, in den Unterricht zu integrieren. Unterrichtseinheiten innerhalb eines Fachs, das sich auf Elektrizität oder Energie und Leistung konzentriert, können diese Schlüsselbereiche aufgreifen. Viele staatliche Stellen führen eigenständige Kurse und Unterrichtseinheiten zu Energie und Leistung ein. Diese können elementare MINT-Kurse, staatlich geförderte Kurse im Bereich der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy oder Programme nationaler Organisationen umfassen. Die folgenden Beispiele enthalten Ideen zu den Themen Energie und Leistung für verschiedene Klassenstufen. Sie veranschaulichen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Energie und Leistung: PreK-Kinder können im Rahmen von **STEL-2A veranschaulichen, dass Systeme aus Teilen oder Komponenten bestehen, die zusammenwirken, um ein Ziel zu erreichen**, indem sie herausfinden, wie das Leben ohne vom Menschen gestaltete Energie- und Leistungssysteme aussähe. Wie würden sie z. B. Essen kochen, ohne ihren Herd oder ihre Mikrowelle benutzen zu können? Wie stünde es um das Licht? Wie würden sie Musik hören? Ein solches Projekt unterstützt **TEP-4: Kritisches Denken**.

Zweitklässlerinnen und -klässler können **STEL-1A: Vergleiche die natürliche Welt mit der vom Menschen geschaffenen Welt** anwenden, indem sie alle Energiequellen auflisten, die sie während ihrer morgendlichen Routine benutzt haben. Dazu

gehören die Elektrizität im Haus und in der Schule, vielleicht Erdgas, wenn der Herd für die Zubereitung des Frühstücks verwendet wurde, Benzin für den Bus/das Auto und das Öffnen der Fensterläden, um natürliches Sonnenlicht hereinzulassen. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Ergebnisse vor der Klasse. Dies stellt eine Verbindung zu **TEP-7: Kommunikation** her.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Energie und Leistung: Drittklässlerinnen und -klässler können lernen, **STEL-4H: Klassifiziere die zur Herstellung von Technologien verwendeten Ressourcen als erneuerbar oder nicht-erneuerbar** anzuwenden, wenn sie eine Übersicht aller Energiequellen erstellen, die sie an einem Tag nutzen. Dieses Projekt unterstützt **TEP-1: Systemdenken**.

Schülerinnen und Schüler der fünften Klasse können **STEL-3C: Zeige, wie einfache Technologien oft kombiniert werden, um komplexere Systeme zu bilden** umsetzen, indem sie einen einfachen Gleichstrommotor mit einer Batterie, einem Kupferdraht und einem Magneten bauen. Während des Kleingruppenprojekts diskutieren die Teams die Beziehung zwischen Magnetismus, elektromotorischer Kraft und Drehbewegung. Dieses Projekt knüpft an **TEP-6: Zusammenarbeit** an.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Energie und Leistung: Siebtklässlerinnen und -klässler wenden **STEL-7S an: Entwickle Problemlösungen durch Erkennen menschlicher Faktoren bei der Gestaltung von Technik**, indem sie in einem Team ein Modell eines technischen Systems entwerfen und fertigen, das ein häufiges Problem löst, mit dem die meisten Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe konfrontiert sind, z. B. das Aufladen der Akkus ihrer Smartphones. Zudem setzen sie sich mit einem ungewöhnlichen Kontext auseinander, z. B. dem Meer oder der Wüste. Während des Projekts üben die Schülerinnen und Schüler die Anwendung des technischen Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozesses, um eine Lösung für ein unstrukturiertes Problem zu finden. Dieses Projekt unterstützt **TEP-2: Kreativität**.

Achtklässlerinnen und -klässler können **STEL-5F: Analysiere, wie eine Erfindung oder Innovation durch ihren historischen Kontext beeinflusst wurde** anwenden, indem sie ein autarkes Haus untersuchen und die wirtschaftlichen, politischen, kulturellen sowie ökologischen Einflüsse dieses identifizieren. Sie müssen hier Lösungen für regenerative Energie, Heizung und Kühlung, Wasserzugang, Baumaterialien, energieeffiziente Geräte und Lebensmittel berücksichtigen. Die Teams aus Schülerinnen und Schülern entwerfen ein maßstabsgetreues Modell des autarken Hauses und halten eine Präsentation darüber. Dieses Projekt steht in einem Zusammenhang mit **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Energie und Leistung: Elftklässlerinnen und -klässler können **STEL-7BB: Setze die bestmögliche Lösung für den Entwurf, die Konstruktion und die Fertigung eines technischen Objekts um** anwenden, um einen Druckluftmotor zu entwerfen und zu fertigen, der eine oszillierende Bewegung in eine Drehbewegung umwandelt, mit dem Ziel, eine gemeinsame Aufgabe zu erfüllen. Während des Projekts nutzen die Teams aus Schülerinnen und Schülern Energie- und Leistungsübertragungssysteme zur Berücksichtigung von Durchfluss, Bewegung, Geschwindigkeit und Abgas. Sie beheben Fehlfunktionen und bewerten die Gesamtleistung des Druckluftmotors. Dieses Projekt knüpft an **TEP-3: Gestalten und Umsetzen** an.

Oberstufenschülerinnen und -schüler können **STEL-7W: Bestimme den besten Ansatz zur Gestaltung eines technischen Objekts, indem du seinen Zweck bewertest** durch die Arbeit an einer mikrobiellen Brennstoffzelle anwenden. Sie bauen eine Batterie auf Sediment- oder Schlammbasis und lernen, wie Bakterien chemische Energie umwandeln können, um z. B. mit Abwasser elektrische Energie herzustellen. Außerdem werden sie mit den grundlegenden Prinzipien der Energieumwandlung, des mikrobiellen Stoffwechsels und der Elektrizität vertraut gemacht. Dieses Projekt unterstützt **TEP-5: Optimismus**.

5.5 Kontext 5 (TEC-5): Information und Kommunikation

Übersicht

Menschen nutzen verschiedene Technologien, um über Entfernungen hinweg zu kommunizieren. Die Erfindung des Letternsatzes ermöglichte die Weitergabe von Wissen über gedruckte Schriften an Menschen in der ganzen Welt. Seitdem wurde eine Vielzahl von Kommunikationstechnologien zur Aufzeichnung, Speicherung, Bearbeitung, Analyse und Übertragung von Daten entwickelt, die bedeutende Kontextbereiche für den Technikunterricht darstellen.

Daten, Informationen und Wissen sind der Treibstoff für die Kommunikationstechnologie. Initiiert wurde dieser Wandel durch die Möglichkeit, alle Arten von Daten in einem digitalen Format als Bits aufzuzeichnen und zu speichern – Reihen von Nullen und Einsen oder Aus und Ein –, die Buchstaben und Zahlen, Farben auf einem Computermonitor, Noten in einer Beethoven-Sonate und viele andere Arten von Informationen darstellen können. Zu den Informations- und Kommunikationstechnologien gehören Computer und verwandte Geräte, grafische Medien, elektronische Send- und Empfangsgeräte, Unterhaltungstechnik und verschiedene andere Systeme. Informations- und Kommunikationstechnologien umfassen auch die Bereiche computergestütztes Design (CAD), Videoproduktion, Podcasting, Grafikdesign, Augmented Reality und das Internet.

Leistungsstarke Technologien, die mit Informationen in digitaler Form umgehen – Computer, Cloud-basierte Speicher, Glasfaserkabel und andere – revolutionierten die Fähigkeit der Gesellschaft, Informationen zu verarbeiten. Dies führte zu einer neuen Ära: dem Informationszeitalter. Informationen sind ein wertvolles Gut, das heute in größerem Umfang zur Verfügung steht, als es in der Vergangenheit der Fall war. Fortgeschrittene Computertechnologien ermöglichen das Sammeln, das Speichern und das Analysieren riesiger Datenmengen, die als Grundlage für technologische Aktivitäten in nahezu allen

Bereichen menschlichen Strebens dienen können, jedoch auch eine große Herausforderung für die Sicherheit und den Datenschutz bedeuten. Die Entwicklung des Internets erweiterte den Zugang zu Informationen erheblich, gleichzeitig sind schädliche Auswirkungen wie Propaganda, Verletzung der Privatsphäre, Cyber-Mobbing und demokratieschädigende Handlungen wahrscheinlicher.

Kommunikationssysteme weisen besondere Merkmale auf. Die Gestaltung einer Kommunikation wird durch die Zielgruppe, das Kommunikationsmedium und die Art der Nachricht beeinflusst. Alle Informations- und Kommunikationssysteme beinhalten die grundlegenden Aufgaben der Kodierung, Umwandlung, Übertragung, Speicherung, Abfrage und Dekodierung von Informationen. Sie können soziale und kulturelle Normen beeinflussen, da sie genutzt werden, um zu informieren, zu überzeugen, zu unterhalten, zu kontrollieren, zu verwalten und zu erziehen. Ein gleichberechtigter Zugang zu Kommunikationsnetzen und -geräten gewährleistet die Fähigkeit des Individuums zur Teilnahme an den sozialen, wirtschaftlichen und politischen Bereichen der globalen Gesellschaft.

Inhalte des Bereichs Information und Kommunikation

In vielen Staaten gehören Bildungsangebote im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie mitunter zu den größten Bereichen technischer Bildung. Ob Unterrichtseinheiten oder Kurse in CAD, TV-Produktion, Webdesign, Druckgrafik, Spiel-Design, Computerprogrammierung oder Einführungskurse, ihre Beliebtheit ist bei Schülerinnen und Schülern auf allen Bildungsebenen groß. Einige staatliche Stellen führen eigenständige Unterrichtsfächer zu Informations- und Kommunikationstechnologie ein. Zu den Unterrichtseinheiten oder Fächern gehören z. B. MINT-Kurse für die Grundschule und staatlich oder durch nationale Organisationen geförderte Programme oder Fächer. Die folgenden Beispiele enthalten Unterrichtseinheiten aus dem Informations- und Kommunikationsbereich für verschiedene Klassenstufen. Sie veranschaulichen die

Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Information und Kommunikation: Kindergartenkinder wenden **STEL-2E: Arbeite effektiv in einem Team zusammen** bei der Lösung eines anspruchsvollen Problems mit mehreren Ansätzen innerhalb einer Lerneinheit eines staatlichen Vor- oder Grundschullehrplans an, der die Anweisung enthält, beim Bau eines Spielzeugs durch Diskussion, Schreiben, Zeichnen und Präsentation Ideen und Lösungen zu kommunizieren. Diese Aktivität steht in einem Bezug zu **TEP-7: Kommunikation**.

Erstklässlerinnen und -klässler wenden im Rahmen von **STEL-3A: Konzepte und Fertigkeiten aus den Bereichen Technologie und Ingenieurwesen** an, wenn sie an einer Aktivität teilnehmen, bei der sie Objekte aus ihrem Rucksack nutzen, um mithilfe von Licht und Ton über eine Entfernung mit ihren Mitschülerinnen und Mitschülern zu kommunizieren. Die Lehrkraft kann die Erstklässlerinnen und -klässler auffordern, eine Vielzahl von Nachrichten zu senden. Diese Aktivität steht in Verbindung mit **TEP-6: Zusammenarbeit**.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Information und Kommunikation: Viertklässlerinnen und -klässler wenden in einer Unterrichtseinheit zu den Themen Technologie und Gesellschaft **STEL-5D an: Bestimme Faktoren, die Veränderungen in technologischen Systemen oder der Infrastruktur einer Gesellschaft beeinflussen**. In der Unterrichtseinheit können sie Beispiele für gängige technologische Veränderungen in der Kommunikation von früher bis heute identifizieren, die positive und negative Auswirkungen auf die Gesellschaft oder die Umwelt hatten. Sie diskutieren die Art der Veränderungen, deren Auswirkungen und die Art und Weise, wie die Kommunikationssysteme verändert oder verbessert werden konnten. Diese Einheit steht in Verbindung mit **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

In einem Technikunterricht für Fünftklässlerinnen und -klässler wenden die Schülerinnen und Schüler

im Kontext von **STEL-7I ihre Fähigkeiten im Bereich der Gestaltung technischer und technologischer Systeme** an, während sie lernen, wie sie eine neuartige numerische Code-Sprache entwickeln, um eine Nachricht zu kodieren, zu übermitteln und anderen Schülerinnen und Schülern zu ermöglichen, sie mit einem von ihnen entwickelten Dekodier-Schlüssel zu entschlüsseln. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-3: Gestalten und Umsetzen**.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Information und Kommunikation: In einem Kurs zur Erkundung von Technologie können die Schülerinnen und Schüler in Verbindung mit **STEL-4O: Hypothesen darüber aufstellen, welche alternativen Ergebnisse (individuell, kulturell und/oder ökologisch) aufgetreten wären, wenn eine andere technische Lösung Anwendung gefunden hätte**. Sie werden gebeten, ein Brainstorming zu machen, während sie ein technisches Lerntagebuch vorbereiten, um Teamaktivitäten mit Erläuterungen und Skizzen ihres Klassenprojekts zu dokumentieren. Dies stellt eine Verbindung zu **TEP-4: Kritisches Denken** her.

In einem Informatik-Grundlagenkurs, der für ein Curriculum entwickelt wurde, können Schülerinnen und Schüler **STEL-8K: Entwickle Methoden zur Erfassung von Daten über technische Systeme** umsetzen, wenn sie in Teams mobile Anwendungen entwickeln. Die Konzeption von Anwendungen für Smartphones und Tablets erhöht das Engagement und die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-3: Gestalten und Umsetzen**.

Schülerinnen und Schüler einer Mittelstufe in Japan wenden **STEL-6D: Führe einen Forschungs- und Entwicklungsprozess durch, um zu simulieren, wie sich Erfindungen und Innovationen durch systematische Tests und Verfeinerungen entwickelten** in einer von ihrer Lehrkraft moderierten offenen Diskussion an. Die Lehrkraft stellt den Schülerinnen und Schülern eine offene Frage, die zum kritischen Denken anregt, z. B.: „Als ihr klein wart, wurden die Fernsehprogramme entweder ausgestrahlt oder via

Kabel übertragen. Heute sind Streaming-Dienste zur Norm geworden. Welche Faktoren haben eurer Meinung nach zu diesem Wandel geführt? Durch welche Änderungen könnten Streaming-Dienste verbessert werden?“ Die Schülerinnen und Schüler entwickeln neue Ideen für ihr tägliches Leben, indem sie über den Tellerrand schauen und sich Innovationen ausdenken. Diese Ideen werden in Lerntagebüchern zusammengefasst. Die Diskussion knüpft an **TEP-2: Kreativität** an.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Information und Kommunikation: Schülerinnen und Schüler können **STEL-1N: Erläutere, wie die Welt um uns herum technische Entwicklungen und Entwürfe beeinflusst** anwenden, wenn sie in einer Informatik-Unterrichtseinheit vor die Herausforderung gestellt werden, den städtischen Verkehr mithilfe von Tabellenkalkulationen und Animationssoftware von Stau zu befreien. Der Kontext, in dem diese Lektion unterrichtet wird, könnte die Auswirkungen der Rush-Hour auf die Gesellschaft und deren Systeme umfassen. Die Nutzung von intelligenten Signalsystemen verringerte in vielen Städten die Engpässe für Fahrzeuge. Diese Aktivität knüpft an **TEP-1: Systemdenken** an.

Schülerinnen und Schüler können **STEL-2T: Demonstriere den Einsatz konzeptioneller, grafischer, virtueller, mathematischer und physikalischer Modellierung, um widersprüchliche Überlegungen zu erkennen, bevor ein gesamtes System entwickelt wird und um die Entscheidungsfindung bei einer Entwicklung zu unterstützen** anwenden, um die Entscheidungsfindung in einem Kurs über Fotobearbeitung durch die Verwendung von Werkzeugen zur Korrektur von Bildern zu unterstützen. Obwohl dies als eine berufliche Fertigkeit angesehen werden kann, können die Lehrkräfte offene Herausforderungen in Bezug auf verschiedene Unterrichtsszenarien für das Lehren dieser technologischen Fertigkeit anbieten. Eine Frage, die sich anbringen ließe, ist, warum Zeitschriftenverlage die Werkzeuge verwenden, um das Gesicht einer Person auf dem Titelbild eines Magazins zu verändern. Dies unterstützt **TEP-4: Kritisches Denken**.

Schülerinnen und Schüler könnten in einer Unterrichtseinheit über Modellierungsfähigkeiten **STEL-7Y anwenden: Optimierte ein technisches Objekt unter Berücksichtigung der gewünschten Eigenschaften sowie der zugrunde liegenden Kriterien und Einschränkungen**. In dieser Unterrichtseinheit entwickeln die Schülerinnen und Schüler dreidimensionale grafische Modelle von Produkten und erstellen dann die physischen Modelle mithilfe der additiven Fertigung. Die Lehrkraft legt die Kriterien und Einschränkungen fest, die sie einhalten müssen. Zum Ausdruck kommen soll, wie Informationen kodiert, übertragen und verarbeitet wurden. Dieses Projekt knüpft an **TEP-5: Optimismus** an.

5.6 Kontext 6 (TEC-6): Die gebaute Umwelt

Übersicht

Seit Jahrtausenden errichten Menschen Bauwerke. In China entstand die chinesische Mauer, in Ägypten waren es Pyramiden, in Griechenland kunstvolle Tempel und in Rom wurde ein riesiges System von Straßen und Aquädukten geschaffen. Viele der Grundsätze, die vor Jahrhunderten für den Bau von Bauwerken galten, werden auch heute noch angewandt. Die Prinzipien beziehen sich auf den Standort des Bauwerks, die Art des erforderlichen Fundaments, die zu verwendenden Materialien und die Statik, die ihm Festigkeit und Stabilität verleihen. Sie attraktiv zu gestalten, ist in der heutigen Praxis noch ein wesentlicher Bestandteil der Gestaltung der gebauten Umwelt, die mehr umfasst als nur einzelne Bauwerke und Konstruktionen. Stadtplanende achten auf die Effizienz und den Zweck der gesamten Stadt als gebaute Umwelt, wenn es darum geht, Entscheidungen über künftige Veränderungen zu treffen. Die gebaute Umwelt beinhaltet die Art und Weise, wie Gebäude und Straßen organisiert sind, und ihre Beziehung zueinander. Städte und Gemeinden sind auf eine gute Planung angewiesen, um eine gesunde Umwelt für ihre Bürgerinnen und Bürger zu schaffen.

Die Prozesse, die mit dem Entwurf und der Herstellung von Strukturen verbunden sind, werden üblicherweise als Bauwesen bezeichnet. In der

Bauindustrie arbeiten Menschen aus vielen verschiedenen Berufszweigen – darunter Architektur, Ingenieurwesen, Bauunternehmen, Planungsbüros, Zimmermannswesen, Klempnerei, Betonbau und Elektrik – um das zu schaffen, was im weitesten Sinne als gebaute Umwelt bezeichnet wird. In einigen Fällen sind Bauwerke in erster Linie dazu bestimmt, Schutz und Wohnraum zu bieten. Andere Bauwerke dienen der Unterhaltung und der Erholung, z. B. Konzertsäle, Vergnügungsparks und Fußballstadien, einige in erster Linie der Arbeit, etwa Fabriken und Bürogebäude. Eine weitere bedeutsame Klasse von Bauwerken sind für den Transport vorgesehene, darunter Brücken, Straßen und Hafenterminals. Statik, Sicherheit und Nachhaltigkeit bilden Faktoren, die bei der Planung und der Errichtung der gebauten Umwelt berücksichtigt werden müssen.

Einige Strukturen sind vorübergehend, andere dauerhaft. Strukturen wie Gerüste, Kofferdämme (eine temporäre Struktur, die verwendet wird, um einen trockenen Raum im Wasser zu schaffen, damit ein Pfeiler oder ein Brückenfundament gebaut werden kann) und Formen für das Gießen von Beton werden absichtlich so konzipiert, dass sie nur für kurze Zeit an einem bestimmten Ort bestehen. Dauerhafte Bauwerke wie z. B. Parkhäuser, Wassertürme, Schulgebäude, Brücken, Zäune, Dämme, Schwimmbäder, Wohnkomplexe und Strukturen im Weltraum, wie die Internationale Raumstation, hingegen sind für eine lange Zeitdauer vorgesehen. Doch auch dauerhafte Strukturen nutzen ab oder werden überflüssig.

Wie in anderen Bereichen auch werden Ressourcen für den Bauprozess benötigt. Dazu gehören Werkzeuge und Maschinen, Materialien, Informationen, Energie, Kapital, Zeit und Menschen. Instandhaltung ist ein wesentlicher Faktor für die Sicherheit und die Langlebigkeit von Bauwerken. Menschliche Aktivitäten verursachen Abnutzung und Verschleiß an Gebäuden, Straßen und Brücken. Auch das Wetter trägt dazu bei. Daher ist regelmäßige Instandhaltung von Bedeutung für die Dauerhaftigkeit der Strukturen. Schülerinnen und Schüler sollten die

Möglichkeit haben, Strukturen sicher zu entwerfen und Material sicher zu verwenden und zu bewerten. Dieser Prozess kann ihnen eine sinnvolle Möglichkeit bieten, ein räumliches Vorstellungsvermögen zu entwickeln. Sie sollten verstehen, dass Strukturen über Teilsysteme verfügen, die für bestimmte Aufgaben verwendet werden. Zum Beispiel wird das elektrische System zur Beleuchtung des Gebäudes verwendet, Heizungs- und Klimaanlage sorgen für angenehme Temperaturen. Es gibt viele Arten von Materialien, die bei einer Baumaßnahme benötigt werden, um Form, Dekoration, Schutz und Festigkeit zu gewährleisten. Es kann sich um natürliche Materialien (Stein, Holz) oder um technische Materialien (Ziegel, Asphalt, Beton und Stahl) handeln. Ihre Auswahl beeinflusst die Umweltauswirkungen und die Effizienz des Bauwerks erheblich – Themen, die in der heutigen Zeit immer relevanter werden.

Inhalte des Bereichs gebaute Umwelt

Es gibt viele Möglichkeiten, die gebaute Umwelt als Thema von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse in den Unterricht zu integrieren. Dazu können Unterrichtseinheiten im Rahmen eines Grundschullehrplans gehören, in denen Schülerinnen und Schüler bei der Konstruktion eines Bauwerks, z. B. eines Spielhauses, das Messen lernen. In der Mittelstufe erfahren sie durch Aktivitäten wie den Bau und die Prüfung von Türmen etwas über Kräfte. Darüber hinaus bieten Unterrichtsinhalte des Bereichs Bauwesen und gebaute Umwelt im Zuge der Lehrplanentwicklung Gelegenheiten, die Kernstandards themenbezogen zu implementieren. Die folgenden Beispiele enthalten Unterrichtsinhalte aus dem Kontext der gebauten Umwelt für verschiedene Klassenstufen. Sie zeigen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten auf.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs der gebauten Umwelt: Kinder im Vorschulalter, die an einem Naturwissenschaftskurs teilnehmen, könnten **STEL-1A: Vergleiche die natürliche Welt mit der vom Menschen geschaffenen Welt** anwenden, indem sie einen Käfig für einen Hamster im

Klassenzimmer entwerfen, fertigen und testen. Die Schülerinnen und Schüler müssen das Tier beobachten und entscheiden, welche natürlichen und von Menschenhand geschaffenen Elemente zusammenwirken sollten, um Sicherheit, Schutz und Nahrung zu bieten. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-6: Zusammenarbeit**.

Kindergartenkinder können **STEL-4C: Vergleiche einfache Technologien, um ihre Auswirkungen zu bewerten** anwenden, wenn sie in einer Unterrichtseinheit, einen Unterschlupf für ein Tier entwerfen und fertigen. Zunächst ließe sich ein Modell aus Schaumstoff konzipieren und bauen. Die Lehrkraft könnte dann die Klasse auffordern, vorherzusagen, ob die im Fokus stehenden Tiere diesen Unterschlupf nutzen würden. Dann wählen die Schülerinnen und Schüler geeignete Werkzeuge aus und fertigen den Unterschlupf. Dies knüpft an **TEP-3: Gestalten und umsetzen** an.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs der gebauten Umwelt: Viertklässlerinnen und -klässler können **STEL-5D: Bestimme Faktoren, die Veränderungen in technologischen Systemen oder der Infrastruktur einer Gesellschaft hervorrufen** anwenden, indem sie die Veränderungen von Strukturen im Laufe der Geschichte untersuchen. Dabei beschreiben sie, inwiefern die Geschichte der Zivilisation eng mit der technologischen Entwicklung verbunden ist, und verstehen, dass Bauwerke auf Fundamenten ruhen und dass einige Strukturen vorübergehend, andere dauerhaft sind. Im Rahmen einer Diskussion über den historischen Kontext von Gebäuden, die in verschiedenen Epochen errichtet wurden, können Fragen gestellt werden, die zu einem kritischen Denken anregen, um die bestimmenden Merkmale dieser Strukturen zu ermitteln und zu erfassen, inwiefern die jeweilige Epoche oder Zeit hier Einfluss nahm. Dieses Projekt unterstützt **TEP-4: Kritisches Denken**.

In der fünften Klasse können Schülerinnen und Schüler **STEL-8D: Befolge Anweisungen, um eine technische Aufgabe zu erledigen** anwenden, indem sie aufgefordert werden, eine innovative Struktur zur

Wasserbeförderung von der Quelle bis zum Endpunkt zu erstellen, ohne Wasser zu verschwenden. In dem Zusammenhang entwickeln sie gemeinsam Ideen, um diese Aufgabe unter verschiedenen Bedingungen zu bewältigen, sei es unter der Erdoberfläche, unter Wasser oder im Weltraum. Dieser Prozess steht in Verbindung mit **TEP-2**, die die Förderung von **Kreativität** zum Ziel hat.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs der gebauten Umwelt: Schülerinnen und Schüler der siebten Klasse, die sich mit dem Thema Leben im Weltraum befassen, können **STEL-6E** anwenden, um die **Bedeutung der Funktionsspezialisierung für technische Verbesserungen zu untersuchen**. In diesem Zusammenhang entwerfen und bauen sie ein maßstabsgetreues Modell einer Weltraumforschungsstation und eines Habitats für den Mond. Aufgrund der großen Entfernung zur Erde und der extremen Arbeitsbedingungen müssen sie dabei auch den Zugang zu Materialien und Baumaßnahmen berücksichtigen. Dieses Projekt ist eng mit **TEP-1** verknüpft, da es das **Systemdenken** fördert.

In einer Unterrichtseinheit in der Mittelstufe zu den Grundlagen der Architektur und des Bauwesens wenden die Schülerinnen und Schüler **STEL-7U: Bewerte Stärken und Schwächen verschiedener technische Lösungen** an, wenn sie über Nachhaltigkeit in Bezug auf Design, Konstruktion und Instandhaltung der gebauten Umwelt nachdenken. Sie bauen ein maßstabsgetreues Modell eines Balzholzhauses mit einem gegossenem Betonkeller. Die Struktur muss der unterschiedlichen Topografie Rechnung tragen und die Auswirkungen auf die Landschaftsgestaltung berücksichtigen. Dieses anspruchsvolle Projekt nimmt zwölf Wochen in Anspruch und erfordert eine Zusammenarbeit der Schülerinnen und Schüler sowie die Ausdauer der Teams. Es knüpft an **TEP-5: Optimismus** an.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs der gebauten Umwelt: Schülerinnen und Schüler der elften Klasse, die sich mit Architektur und Bauwesen beschäftigen, wenden **STEL-2Y: Setze Qualitätskontrollen als geplanten Prozess um, um sicher-**

zustellen, dass ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein System festgelegten Kriterien entspricht an, wenn sie die gebaute Umwelt entwerfen, planen, verwalten, bauen und instandhalten, indem sie Notunterkünfte für den Katastrophenschutz entwerfen und fertigen. Der Schwerpunkt liegt auf der Bedeutung der sicheren und kostengünstigen Bereitstellung von Notunterkünften unter Einhaltung der örtlichen Bebauungsvorschriften. Das Projekt beinhaltet die Zusammenarbeit von Personen mit unterschiedlichen Fachkenntnissen, um sicherzustellen, dass eine Struktur korrekt und termingerecht entsteht. Dazu können exemplarisch Expertinnen und Experten aus den Bereichen Architektur, Ingenieurwesen, Technik, Stadtplanung und Handwerk gehören. Dieses Projekt steht in einem Zusammenhang mit **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

Schülerinnen und Schülern der Oberstufe, die an einem Kurs über Bausysteme teilnehmen, könnten **STEL-3J: Verbinde den technologischen Fortschritt mit dem Fortschritt in anderen Wissensbereichen und umgekehrt** anwenden, indem sie Infrarotkameras nutzen, um Wärmeverluste in Gebäuden zu ermitteln und Möglichkeiten zur Minimierung von Wärmeverlusten und zur Optimierung der Energienutzung zu entwickeln. Damit werden zwei Kursziele erreicht: Interpretation, Bewertung und Anpassung von Entwurfs- und Bauprojektplänen und -zeitplänen, um auf unerwartete Ereignisse und Bedingungen zu reagieren, und Anwendung von Messfähigkeiten, mit der Intention, Materialien entsprechend den Vorgaben auszulegen und zu konstruieren. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Ergebnisse vor der Klasse und werden so in die Bedeutung von **TEP-7: Kommunikation** eingeführt.

5.7 Kontexte 7 (TEC-7): Medizin- und Pflorgetechnik

Übersicht

Menschen nutzen technologische Hilfsmittel, Geräte, Arzneimittel und Systeme, um Gesundheitsprobleme zu lösen, lebende Organismen vor Krankheit und Tod zu schützen und die Lebensqualität zu steigern. Wenn neue Technologien ent-

wickelt werden, können sie für eine Vielzahl von gesundheitsbezogenen Produkten, Geräten und Dienstleistungen zur Diagnose, Behandlung und Prävention eingesetzt oder angepasst werden.

Innovation ist zentral für die Medizintechnik. Sie ermöglicht Patientinnen und Patienten ein besseres Leben für und darüber hinaus effizientere Gesundheitssysteme. In den Nachrichten wird oft von medizinischen Wundern berichtet, etwa von der Replantation abgetrennter Gliedmaßen oder eines Lebens durch ein medizinisches Verfahren, das durch ein neues technisches Gerät oder System ermöglicht wurde. Neue Methoden zur Untersuchung der Funktionsweise des menschlichen Körpers werden in rasantem Tempo vorgestellt. Es entstehen Geräte und Systeme, die mithilfe von Computern und elektronischen Steuerungen prüfen, bewerten und daran arbeiten, die Qualität des menschlichen Lebens zu verbessern. Hilfsttechnologien einschließlich Orthesen und Prothesen dienen dazu, die Funktionsfähigkeit und die Unabhängigkeit des Individuums zu erhalten oder zu verbessern. Medizinprodukte werden für einen bestimmten Zweck konzipiert und entwickelt, können aber auch neue, unerwartete oder ungeplante Anwendungen hervorbringen.

Die Entwicklung von gesunder Ernährung und Präventivmedizin trug entscheidend dazu bei, dass Menschen ein besseres Leben führen können. Medizinische Errungenschaften wie Impfstoffe und gentechnisch hergestellte Medikamente helfen dem medizinischen und pflegerischen Personal im Gesundheitswesen, ihre Arbeit effizienter und effektiver zu gestalten und so die medizinische Versorgung zu verbessern. Heute werden Technologien wie Telemedizin und persönliche medizinische Geräte konzipiert und entwickelt, um einen leichteren Zugang zu medizinischer Expertise zu gewährleisten, geografisch verteilte Dienste zu integrieren, die Qualität der Versorgung zu erhöhen und eine maximale Produktivität der teuren medizinischen und technischen Ressourcen zu erreichen. Medizinische und gesundheitsbezogene Technologien haben das Potenzial, menschliche Fähigkeiten durch Geräte,

Arzneimittel, Teile des Körpers und andere Produkte zu erweitern, die biologisches Gewebe und Systeme ersetzen, reparieren und ergänzen können.

Angesichts des zunehmenden Einsatzes von Technologien in der medizinischen Industrie ist es von Bedeutung, die damit verbundenen Folgen zu berücksichtigen. Technologien wie Arzneimittel und lebenserhaltende Systeme trugen zum Schutz und zur Verbesserung der menschlichen Gesundheit bei. Ihr Einsatz ließ jedoch Fragen aufkommen, z. B. jene, wie lange eine Person an einem lebenserhaltenden System angeschlossen bleiben sollte, wer Zugang zu lebensrettenden Maßnahmen hat und welche Nebenwirkungen Medikamente mit sich bringen.

Die Bedingungen für die öffentliche Gesundheit, sauberes Trinkwasser und die Abfallwirtschaft beeinflussen Gesundheit und Wohlbefinden maßgeblich. Fragen im Zusammenhang mit der Nutzung vieler Technologien können in einem Konflikt mit den Meinungen und der Ethik der von ihrer Verwendung Betroffenen stehen. Der Zugang zu genauen Informationen ist daher eine wesentliche Voraussetzung für fundierte gesundheitsbezogene Entscheidungen.

Inhalte des Bereichs Medizin- und Pflegetechnik

Es gibt viele Möglichkeiten, Medizin- und Pflege-technik als Themen von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse in den Unterricht zu integrieren. Einheiten innerhalb bestehender allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy können diesen Kontext aufgreifen. Aufgrund der Entwicklung neuer Technologien und der Forschung kann es sinnvoll sein, die Kernstandards innerhalb dieser verwandten Technologiekurse zu unterrichten. Einige Staaten führen eigenständige Fächer zu medizinischen und gesundheitsbezogenen Technologien ein. Die folgenden Beispiele enthalten Unterrichtsinhalte aus den Bereichen Medizin- und Pflege-technik für verschiedene Klassenstufen. Sie zeigen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten auf.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Medizin- und Pflege-technik: Erstklässlerinnen und -klässler können **STEL-1B: Erläutere die Werkzeuge und Techniken, die der Mensch einsetzt, um etwas zu erreichen** anwenden, indem sie Beispiele für Assistenzsysteme oder Medizintechnologien in einem Video oder einer Geschichte zu medizinischen Geräten oder Assistenzsystemen identifizieren. Letztere, darunter Orthesen und Prothesen, sind so konzipiert, dass sie die Funktionsfähigkeit und die Unabhängigkeit des Individuums erhalten oder verbessern. Dies unterstützt **TEP-8: Ethische Sensibilität**.

Zweitklässlerinnen und -klässler können **STEL-3B: Stelle Verbindungen zwischen Technologie und menschlichen Erfahrungen her** in einer Unterrichtseinheit zum Thema Gesundheit anwenden, indem sie erörtern, wie die Wissenschaft zur Entwicklung von Medikamenten und Impfstoffen eingesetzt wird und inwiefern die Technologie Möglichkeiten bietet, diese an die Menschen zu verteilen. Die Diskussion kann Ideen auch die Sichtweisen einbeziehen, dass viele Krankheiten vermeidbar sind und dass Impfstoffe nicht immer den Menschen zur Verfügung stehen, die sie brauchen. Die Schülerinnen und Schüler stellen ihre Ideen in der Klasse vor. Dies schafft eine Verbindung zu **TEP-7: Kommunikation**.

Klassenstufe 3 bis 5, Inhalte des Bereichs Medizin- und Pflege-technik: Drittklässlerinnen und -klässler können **STEL-2G: Veranschauliche, dass ein System nicht wie geplant funktionieren kann, wenn Teile davon fehlen** anwenden, wenn sie eine Lösung für ein medizinisches Problem im Weltraum entwerfen. In einem Mondhabitat wird einer der Bewohnerinnen und Bewohner krank und es gibt keine bekannte Lösung. Vier Wochen vergehen, bis das nächste Versorgungsschiff eintrifft. Deshalb müssen die Astronautinnen und Astronauten mit medizinisch Fachkundigen auf der Erde zusammenarbeiten, um mit den vorhandenen Ressourcen eine Lösung zu finden. Auf Anweisung der Lehrkraft entwickeln die Schülerinnen und Schüler Ideen zur Lösung des Problems. Dies stellt eine Verbindung zu **TEP-6: Zusammenarbeit** her.

Fünftklässlerinnen und -klässler können **STEL-6B anwenden: Konzipiere Darstellungen der Werkzeuge, die die Menschen nutzten, und zeige auf, wie sie Nahrung anbauten, Kleidung herstellten und Unterkünfte bauten, um sich zu schützen.** Dies könnte sich auf frühe Systeme zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung konzentrieren. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln in Teams ein Diagramm des Abwassersystems, das für Paris Mitte des 18. Jahrhunderts von Eugène Belgrand auf der Grundlage archäologischer Funde unter den Straßen der Stadt beschrieben wurde. Dies könnte mit der Zielvorgabe verknüpft sein, zu verstehen, dass wissenschaftliche Untersuchungen zu neuen Ideen, neuen Methoden oder neuen Verfahren für eine Untersuchung führen, und unterstützt **TEP-4: Kritisches Denken.**

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Medizin- und Pflegetechnik: Sechstklässlerinnen und -klässler können **STEL-8K: Entwickle Methoden zur Erfassung von Daten über technische Systeme** in einer Unterrichtseinheit zur Medizintechnik anwenden, indem sie ihre mathematischen Fähigkeiten bei gesundheitsbezogenen Tests demonstrieren. Sie messen den Blutdruck, den Puls und die Temperatur ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler und leiten dann aus den gesammelten Daten Verallgemeinerungen ab. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-3: Gestalten und Umsetzen.**

Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe können **STEL-7Q: Wende Prozesse zum Entwurf, zur Konstruktion und zur Fertigung technischer Objekte an** umsetzen, indem sie als medizinische Detektive agieren, während sie Nachforschungen über den Ausbruch einer Krankheit anstellen. Die Lehrkraft zeigt das Problem des Ausbruchs von Windpocken auf einer Insel auf. Daraufhin arbeiten die Schülerinnen und Schüler daran, die zugrunde liegenden Ursachen (z. B. Lebensweise auf der Insel, religiöse Überzeugungen, soziale Aspekte, Einfluss von Touristik, Bewohnbarkeit der Insel, Zugang zur Gesundheitsversorgung) zu identifizieren und Möglichkeiten zur Eindämmung des Ausbruchs

zu entwickeln. Diese Einheit ist mit **TEP-1: Systemdenken** verknüpft.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Medizin- und Pflegetechnik: Zehntklässlerinnen und -klässler wenden **STEL-4T: Bewerte die Auswirkungen von Technologien auf die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit** beispielsweise in einer Unterrichtseinheit über biomedizinische Technik an, indem sie Hilfstechnologien und geeignete medizinische und wissenschaftliche Geräte für eine Person entwerfen, die mit einem verkürzten rechten Arm geboren wurde. Im Falle einer bereits umgesetzten Einheit endete der Arm des Betroffenen etwa eineinhalb Zentimeter unterhalb des Ellenbogens, wobei das Gelenk intakt und funktionsfähig war, und sich vier winzige Fingerspitzen am Endstumpf befanden. Die Lehrkraft forderte die Schülerinnen und Schüler auf, ein vorläufiges mechanisches Handmodell aus Pappe, Strohhalmen und Gummibändern zu bauen. Der Höhepunkt dieser Lektion war der 3D-Druck eines Arms, der für den Schüler maßgeschneidert wurde. Auf Wunsch druckte die Klasse eine rosa und glitzernd blaue Armprothese. Sie wurde mit einem Klettverschluss um den Bizeps gewickelt, sodass der rechte Arm die gleiche Länge hatte wie der linke. Die Gliedmaßen wurden durch eine dicke Angelschnur gesteuert, indem die Person ihren Ellbogen beugte oder ihren Bizeps anspannte, sodass sie Gegenstände greifen und aufheben konnte. Die Aktivität konzentrierte sich auf Einfühlungsvermögen, benutzerzentriertes Design und Prototyping, um reale Lösungen zu entwickeln, und stand in Verbindung mit **TEP-5: Optimismus.**

Zwölftklässlerinnen und -klässler können **STEL-6F: Erläutere, inwiefern die technische Entwicklung evolutionär verlief und oft das Ergebnis einer Reihe von Verfeinerungen grundlegender Erfindungen oder technologischer Kenntnisse war** anwenden, indem sie ein Hämodialysegerät aus leicht erhältlichen Teilen entwerfen und bauen. Das Projekt knüpft an mathematische und naturwissenschaftliche Inhalte an. Diese Aktivität ist mit **TEP-2: Kreativität** verknüpft.

Schülerinnen und Schüler chinesischer Schulen können Wahlfächer wählen, die Interesse an der eigenen traditionellen Kultur wecken sollen, um diese zu erhalten. Die traditionelle chinesische Medizin ist ein Zweig der medizinischen Versorgung, der auf einer mehr als 3500 Jahre alten medizinischen Praxis beruht und verschiedene Formen der Kräutermedizin, Akupunktur, Massage und andere Behandlungen umfasst. Eine an eine chinesische Universität angeschlossene Schule führte in diesem Kontext ein Projekt mit Schülerinnen und Schülern der zehnten Klasse durch, in der sie **STEL-7Z: Wende Prinzipien einer auf menschliche Bedürfnisse ausgerichteten Gestaltung** an umsetzten. Ein Schüler erfand dabei einen tragbaren Meridian-Detektor für Akupunktur und gewann eine Silbermedaille bei der Internationalen Erfindermesse in Genf. Andere Schülerinnen und Schüler entwickelten Punktmassagegeräte, Massagekleidung und Mühlen für chinesische Kräutermedizin. Dieses Projekt knüpft an **TEP-3: Gestalten und Umsetzen** an.

5.8 Kontexte 8 (TEC-8): Landwirtschafts- und Biotechnologie

Übersicht

Vor etwa 14 000 Jahren veränderte die landwirtschaftliche Revolution die Gesellschaft, indem sie den Menschen zum ersten Mal ermöglichte, mehr Lebensmittel zu produzieren, als sie benötigten. Die Entwicklung einer Vielzahl von landwirtschaftlichen Werkzeugen und Verfahren, z. B. in Form des Pflugs und der Bewässerung, verbesserte die Produktivität und machte es möglich, dass weniger Menschen eine ganze Gesellschaft ernähren konnten, wodurch einige Mitglieder für andere Aufgaben frei wurden. Weitere Fortschritte in der landwirtschaftlichen Technologie setzten dieses Muster fort. Es wird geschätzt, dass heute weniger als 2 % der Bevölkerung der USA direkt in der Landwirtschaft beschäftigt sind.

Landwirtschaft ist der Anbau von Pflanzen und die Zucht von Tieren zur Herstellung von Lebensmitteln, Fasern, Brennstoffen, Chemikalien oder anderen nützlichen Produkten. Dabei werden viele technische Verfahren und Systeme eingesetzt. Ein Bei-

spiel für einen simplen Prozess ist das Lagern von Saatgut vom Ende einer Vegetationsperiode bis zur Pflanzung zu Beginn der nächsten. Ein weiteres Beispiel betrifft den Einsatz von Düngemitteln zur Förderung des Pflanzenwachstums und von Herbiziden zur Unkrautbekämpfung. Die Züchtung von Pflanzen und Tieren mit dem Ziel, Nachkommen mit den gewünschten Eigenschaften zu erzeugen, stellt ein weiteres Beispiel für Agrartechnologie dar. Es gibt eine lange Reihe von evolutionären Veränderungen bei landwirtschaftlichen Werkzeugen und Maschinen – von spitzen Stöcken, mit denen eine Linie in den Boden gekratzt wurde, um Saatgut zu pflanzen, bis hin zu den modernsten Techniken der Präzisionslandwirtschaft wie dem Einsatz von Drohnen, automatischen Melkmaschinen und GPS-gesteuerten Systemen. Die Technologie verbesserte den Ertrag und die Qualität von Lebensmitteln und ermöglichte es Landwirten, ihre Produktion anzupassen, auf sich verändernde Umweltbedingungen wie wetterbedingte Veränderungen, Wasserknappheit und Überschwemmungen sowie die Übernutzung des Bodens zu reagieren.

Anwendungen der Biotechnologie, sowohl klassische als auch moderne, sind seit langem eine treibende Kraft im Bereich der Landwirtschaft. Biotechnologie ist definiert als die Verwendung von lebenden Organismen oder Teilen von Organismen zur Herstellung oder Veränderung von Produkten oder zur Verbesserung von Pflanzen oder Tieren. Die Begrifflichkeit Landwirtschafts- und Biotechnologie umfasst ein breiteres Spektrum von Anwendungen, die von der Veränderung der Form von Lebensmitteln oder der Verbesserung der Gesundheit bis hin zur Beseitigung von Abfällen oder der Verwendung von DNA zur Datenspeicherung reichen können. Biologische Prozesse umfassen die Vermehrung, den Anbau, die Pflege, die Anpassung, die Behandlung und die Umwandlung biologischer Materialien, um sie zur Erzeugung neuer und verbesserter Produkte und Systeme für lebende Organismen umzuwandeln.

Obwohl der Begriff modern klingt, werden landwirtschaftliche und biologische Technologien schon

seit mindestens 8000 Jahren eingesetzt. Um 4000 v. Chr. lernten die Ägypterinnen und Ägypter, wie sich Hefe zur Brotherstellung verwenden lässt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind heute in der Lage, Zellen und lebendes Gewebe zu manipulieren und die genetischen Codes lebender Organismen zu nutzen und zu verändern. Der Einsatz von Landwirtschafts- und Biotechnologie ermöglicht eine bessere Bekämpfung von Krankheiten bei Mensch und Tier, die Förderung der menschlichen Gesundheit, die Reduzierung des Hungers durch eine Steigerung der Ernteerträge aufgrund der Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten und den Schutz der Umwelt durch den geringeren Einsatz von Pestiziden. Neue Produkte und Dienstleistungen werden auch in Zukunft aus den Fortschritten in der Biotechnologie hervorgehen.

Die Landwirtschafts- und Biotechnologie wirft ethische und soziale Fragen auf. Wie sicher sind gentechnisch veränderte Nutzpflanzen? Wie wirkt sich der Einsatz von Chemikalien auf die Qualität in den Bereichen Lebensmittel, Wasser und Boden aus? Welches Maß an Bioengineering sollte in der Landwirtschaft erlaubt sein? Heute müssen wir uns mit Problemen wie der Verarmung der Böden, der unzureichenden Wasserversorgung für die Bewässerung, der zunehmenden Häufigkeit von Dürren und der Verschmutzung des Trinkwassers durch Land und Viehbestand kümmern. Die Möglichkeit, die genetische Struktur von biologischen Organismen einschließlich Pflanzen, Tieren und Menschen zu verändern, stellt die Menschheit vor bedeutende ethische Fragen. Wenn die Gesellschaft sie verantwortungsbewusst beantworten soll, müssen ihre Mitglieder ein grundlegendes Verständnis der Landwirtschafts- und Biotechnologie und der daraus resultierenden Produkte und Systeme haben.

Inhalte des Bereichs Landwirtschafts- und Biotechnologie

Es gibt viele Möglichkeiten, Landwirtschafts- und Biotechnologie von der Vorschule bis zur zwölften Schulklasse in den Unterricht zu integrieren. Einheiten innerhalb eines Unterrichts in den Bereichen Umwelt, Landwirtschaft und natürliche Ressourcen können diese Ideen aufgreifen. In Grundschulen lassen sich der Pflanzenbau und andere landwirtschaftliche Aktivitäten in den Lehrplan aufnehmen. Verantwortliche können eigenständige Curricula hierfür entwickeln. Die folgenden Beispiele enthalten Unterrichtseinheiten aus dem Bereich der Landwirtschafts- und Biotechnologie für verschiedene Klassenstufen. Sie verdeutlichen die Verbindungen zwischen den STEL-Zielvorgaben, den Praktiken und den Kontexten.

Klassenstufe PreK-2, Kontexte des Bereichs Landwirtschafts- und Biotechnologie: Kleine Kinder können **STEL-2D: Entwickle einen Plan, um eine Aufgabe zu erfüllen** im Anwendungsbereich der landwirtschaftlichen und biologischen Technologien umsetzen. Nach einer Einführung in die Lebenszyklen von Pflanzen, Schmetterlingen und Fröschen, in das Wachstum von Pflanzen und Samen sowie in Lebensräume können die Schülerinnen und Schüler ein gemeinsames Terrarien-Projekt planen und durchführen. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-6: Zusammenarbeit**.

Erstklässlerinnen und -klässler können **STEL-7G: Wende die für die Fertigung eines technischen Objekts notwendigen Fähigkeiten an** in einer Unterrichtseinheit mit der Zielsetzung umsetzen, landwirtschaftliche Technologien zu identifizieren, die es ermöglichen, dass Lebensmittel das ganze Jahr über verfügbar sind und dabei Ressourcen geschont werden. Sie entwerfen ein landwirtschaftliches Mechanisierungs- und Lagersystem auf der Grundlage der Geschichte „Der Lorax“ von Dr. Seuss³³. Die Schü-

33 „Der Lorax“ ist ein Kinderbuch von Dr. Seuss (Theodor Seuss Geisel), das 1971 veröffentlicht wurde und den Themen Umweltschutz und Nachhaltigkeit gewidmet wurde, aufgearbeitet anhand der Geschichte eines Wesens, das die Natur vor den zerstörerischen Aktionen verteidigt. Dr. Seuss (1904–1991), ein bekannter amerikanischer Kinderbuchautor und Cartoonist, ist für seine kreativen Reime und einzigartigen Charaktere bekannt.

lerinnen und Schüler sammeln Daten, analysieren sie und kommunizieren die Ergebnisse zur Rettung der Truffula-Bäume. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-4: Kritisches Denken**.

Klassenstufe 3 bis 5, Kontexte des Bereichs Landwirtschafts- und Biotechnologie: Schülerinnen und Schüler einer dritten Klasse können in einer achtwöchigen Unterrichtseinheit über Naturkatastrophen **STEL-4G: Beurteile Technologien, um zu entscheiden, welche am besten geeignet ist, um eine bestimmte Aufgabe oder einen Bedarf zu erfüllen** anwenden, indem sie etwas über die Auswirkungen gefährlicher Wetterbedingungen und extremer Bedingungen auf Mensch und Tier lernen. Die Klasse führt eine Diskussion über die ethische Behandlung von Tieren. Schülerinnen und Schüler entwerfen und testen Methoden, um einem Tier dabei zu helfen, der Kälte zu trotzen, was mit **TEP-8: Ethische Sensibilität** verbunden ist.

In einer Unterrichtseinheit können Viertklässlerinnen und -klässler **STEL-3D: Erläutere, dass verschiedene Beziehungen zwischen Technik, Technologie und Ingenieurwesen und anderen Wissenschaften bestehen** anwenden, während sie an der Konstruktion eines Geräts arbeiten, das einen Ballon verwendet, um Samen für die Bepflanzung zu verteilen. Teams aus Schülerinnen und Schülern entwerfen und konstruieren einen Mechanismus, um den Ballon an einer Angelschnur über die Pflanzzone zu bewegen. Das System muss die Samen gleichmäßig über das Zielgebiet verteilen. Wissenschaftliche Methoden werden angewandt und damit einhergehend mehrere Lösungen analysiert, um Informationen zu übertragen, und Mathematik dient dazu, die Ausbreitung der Samen nach Entfernung und Zeitintervallen zu klassifizieren. Die Arbeit der Schülerinnen und Schüler ist so mit **TEP 2: Kreativität** verknüpft.

Klassenstufe 6 bis 8, Kontexte des Bereichs Landwirtschafts- und Biotechnologie: Schülerinnen und Schüler einer achten Klasse können **STEL-4M: Entwickle Strategien zur Reduzierung, zur Wiederverwendung und zum Recycling von Abfällen,**

die bei der Herstellung und Nutzung von Technologie entstehen anwenden, um eine Wasserkrise zu bewältigen. Die Projekte von Schülerinnen und Schülern konzentrieren sich auf den Entwurf und die Fertigung von hydroponischen Kreislaufsystemen für den Einsatz in städtischen Gebieten, um die Wasserknappheit zu mindern. Dies entspricht **TEP-3: Gestalten und Umsetzen**.

In einer Unterrichtseinheit könnten Siebtklässlerinnen und -klässler **STEL-6D: Führe einen Forschungs- und Entwicklungsprozess durch, um zu simulieren, wie Erfindungen und Innovationen durch systematische Tests und Verfeinerungen entstanden** anwenden, um ein Verständnis für die Auswirkungen von Technologie auf die Umwelt zu demonstrieren. Dies wird durch die Arbeit an der Frage erreicht, wie Technologien zur Behebung von Schäden eingesetzt werden können, die durch Katastrophen entstehen. Dieses Projekt basiert auf der Umweltkatastrophe in Fukushima, Japan, durch den durch ein Erdbeben verursachten Tsunamiwellen im Jahr 2011. Zu den Forschungsaspekten gehören die tektonischen Platten im Pazifik, die Form der japanischen Küstenlinie, der Mangel an ebenem Boden für Gebäude in diesem gebirgigen Land und die Gestaltung von Gebäuden in der Nähe der Meeresküste. Dieses Projekt steht in einem Zusammenhang mit **TEP-1: Systemdenken**.

Klassenstufe 9 bis 12, Kontexte des Bereichs Landwirtschafts- und Biotechnologie: Oberstufenschülerinnen und -schüler können im Rahmen einer Unterrichtseinheit in einem fortgeschrittenen Anwendungskurs **STEL-5H: Bewerte eine technologische Innovation, die aus einem einzigartigen Bedürfnis oder Wunsch einer bestimmten Gesellschaft hervorging** anwenden, wenn sie den Auftrieb und die Verhaltensweisen von Tieren untersuchen, um Angelköder zu entwerfen und herzustellen, die das Verhalten von Wasserinsekten nachahmen, mit dem Ziel, Fische anzulocken. Diese Strategie wird als Bionik bezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler beobachten die natürliche Umgebung, stellen Hypothesen über die Insekten auf, konzipieren ein schwimmfähiges Modell mithilfe eines

3D-Druckern und testen den Erfolg ihrer Köder. Alle Arbeiten werden in einem Lerntagebuch festgehalten. Dies steht in einem Zusammenhang mit **TEP-5: Optimismus**.

Schülerinnen und Schüler, die an einem Kurs über Nachhaltigkeit teilnehmen, können **STEL-1Q: Forschung, um gezielt Erfindungen und Innovationen zu entwickeln, die auf spezifische Bedürfnisse und Wünsche eingehen** anwenden, um mithilfe von Naturwissenschaften, Mathematik und Techno-

logie Lösungen für Probleme im Zusammenhang mit sauberem und verfügbarem Wasser, mit Nahrungsmitteln und mit erneuerbaren Energien zu finden, indem sie an einem Schwerkraft-Wasserfilter arbeiten, das durch den Einsatz physikalischer Systeme und biologischer Materialien Öl entfernt. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihr Gerät und überlegen, welche Verbesserungen auf der Grundlage eigener Testergebnisse vorgenommen werden könnten. Dies unterstützt **TEP-7: Kommunikation**.

Anhang

STEL-Zielvorgaben und
Lehrplanentwicklungs-
ressourcen



A



Tabelle A.1: STEL-Zielvorgaben

Zielvorgaben		
Altersstufe	STEL-1 Wesen und Merkmale von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft	
PreK-2	STEL-1A	Vergleiche die natürliche Welt mit der vom Menschen geschaffenen Welt.
PreK-2	STEL-1B	Erläutere die Werkzeuge und Techniken, die der Mensch einsetzt, um etwas zu erreichen.
PreK-2	STEL-1C	Zeige, dass jeder Mensch etwas erschaffen sein kann.
PreK-2	STEL-1D	Diskutiere die Rolle von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern sowie anderen, die mit Technik arbeiten.
3 bis 5	STEL-1E	Vergleiche, wie sich Dinge, die in der Natur vorkommen, von Dingen unterscheiden, die vom Menschen geschaffen wurden, und stelle Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Produktion und Verwendung fest.
3 bis 5	STEL-1F	Beschreibe die einzigartige Beziehung zwischen Wissenschaft und Technologie und zeige auf, wie die natürliche Welt zur Förderung von Innovationen in der vom Menschen geschaffenen Welt beitragen kann.
3 bis 5	STEL-1G	Unterscheide zwischen den Rollen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern sowie anderen, die mit Technik arbeiten, bei der Schaffung und Instandhaltung technischer und technologischer Systeme.
3 bis 5	STEL-1H	Entwirf durch sichere Verwendung von Werkzeugen, Materialien und Fertigkeiten Lösungen.
3 bis 5	STEL-1I	Erkläre, wie Problemlösungen durch wirtschaftliche, politische und kulturelle Kräfte beeinflusst werden.
6 bis 8	STEL-1J	Entwickle innovative Produkte und Systeme, die Probleme lösen und Fähigkeiten auf Basis individueller oder kollektiver Bedürfnisse und Wünsche erweitern.
6 bis 8	STEL-1K	Vergleiche Beiträge von Naturwissenschaft und Ingenieurwissenschaft, Mathematik und Technik bei der Entwicklung von technischen Systemen.
6 bis 8	STEL-1L	Erläutere, inwiefern Technik, Technologie und Ingenieurwesen eng mit Kreativität verbunden sind, die sowohl zu beabsichtigten als auch zu unbeabsichtigten Innovationen führen kann.
6 bis 8	STEL-1M	Wende kreative Problemlösungsstrategien bei der Verbesserung bestehender Geräte oder Prozesse oder bei der Entwicklung neuer Ansätze an.
9 bis 12	STEL-1N	Erläutere, wie die Welt um uns herum technische Entwicklungen und Entwürfe beeinflusst.
9 bis 12	STEL-1O	Beurteile, wie Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen wissenschaftlichen, mathematischen, ingenieurwissenschaftlichen und technologischen Kenntnissen und Fähigkeiten zum Entwurf eines Produkts oder Systems beigetragen.
9 bis 12	STEL-1P	Analysiere die Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung und Vorhersage der künftigen Verbreitung und Annahme neuer Technologien.
9 bis 12	STEL-1Q	Forsche, um gezielt Erfindungen und Innovationen zu entwickeln, die auf spezifische Bedürfnisse und Wünsche eingehen.
9 bis 12	STEL-1E	Entwickle einen Plan, der Wissen aus den Naturwissenschaften, der Mathematik und anderen Disziplinen einbezieht, um ein technisches Produkt oder System zu entwerfen oder zu verbessern.
Altersstufe	STEL-2 Grundkonzepte von Technik, Technologie und Ingenieurwissenschaft	
PreK-2	STEL-2A	Veranschauliche, dass Systeme aus Teilen oder Komponenten bestehen, die zusammenwirken, um ein Ziel zu erreichen.
PreK-2	STEL-2B	Verwende Werkzeuge, um eine Aufgabe auszuführen.
PreK-2	STEL-2C	Erkläre, dass Materialien ausgewählt werden, weil sie wünschenswerte Eigenschaften und Merkmale aufweisen.
PreK-2	STEL-2D	Entwickle einen Plan, um eine Aufgabe zu erfüllen.
PreK-2	STEL-2E	Arbeite effektiv in einem Team zusammen.

3 bis 5	STEL-2F	Beschreibe, was ein Teilsystem eines Systems ist, das als Teil eines anderen, größeren Systems funktioniert.
3 bis 5	STEL-2G	Veranschauliche, dass ein System nicht wie geplant funktionieren kann, wenn Teile davon fehlen.
3 bis 5	STEL-2H	Identifiziere die Ressourcen, die benötigt werden, um eine technische Aufgabe zu erledigen, z. B. Menschen, Materialien, Kapital, Werkzeuge, Maschinen, Wissen, Energie und Zeit.
3 bis 5	STEL-2I	Beschreibe die Eigenschaften verschiedener Materialien.
3 bis 5	STEL-2J	Zeige, wie Werkzeuge und Maschinen die menschlichen Fähigkeiten erweitern (z. B. beim Halten, Heben, Tragen, Befestigen, Trennen und Rechnen).
3 bis 5	STEL-2K	Beschreibe die Anforderungen an den Entwurf oder die Herstellung eines Produkts oder Systems.
3 bis 5	STEL-2L	Erschaffe ein neues Produkt, das das Leben eines Menschen verbessert.
6 bis 8	STEL-2M	Unterscheide zwischen Inputs, Prozessen, Outputs und Rückkopplungen in technologischen Systemen.
6 bis 8	STEL-2N	Veranschauliche, wie das Systemdenken die Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen berücksichtigt und wie ein System mit der Umgebung interagiert, in der es eingesetzt wird.
6 bis 8	STEL-2O	Entwickle ein offenes System, das keinen Rückkopplungspfad hat und einen menschlichen Eingriff erfordert.
6 bis 8	STEL-2P	Entwickle ein geschlossenes System, das Feedback gibt und kein menschliches Eingreifen erfordert.
6 bis 8	STEL-2Q	Sage die Ergebnisse eines zukünftigen Produkts oder Systems zu Beginn des Entwurfsprozesses vorher.
6 bis 8	STEL-2R	Vergleiche, inwiefern verschiedene Technologien unterschiedliche Prozesse beinhalten.
6 bis 8	STEL-2S	Verteidige Entscheidungen im Zusammenhang mit einem Entwurfs-, Konstruktions- oder Fertigungsproblem.
9 bis 12	STEL-2T	Demonstriere den Einsatz konzeptioneller, grafischer, virtueller, mathematischer und physikalischer Modellierung, um widersprüchliche Überlegungen zu erkennen, bevor ein gesamtes System entwickelt wird, und um die Entscheidungsfindung bei einer Entwicklung zu unterstützen.
9 bis 12	STEL-2U	Diagnostiziere ein fehlerhaftes System, das in ein größeres technisches, soziales oder ökologisches System eingebettet ist.
9 bis 12	STEL-2V	Analysiere die Stabilität eines technischen Systems und lege dar, wie sie von allen Komponenten des Systems beeinflusst wird, insbesondere von denen in der Feedbackschleife.
9 bis 12	STEL-2W	Wähle Ressourcen aus, bei denen es um Kompromisse zwischen konkurrierenden Werten wie Verfügbarkeit, Kosten, soziale Erwünschtheit und Verschwendung geht, während Probleme gelöst werden.
9 bis 12	STEL-2X	Nenne Beispiele für Kriterien und Einschränkungen für ein Produkt oder System und zeige auf, wie sie sich auf den Entwurf auswirken.
9 bis 12	STEL-2Y	Setze Qualitätskontrollen als geplanten Prozess um, um sicherzustellen, dass ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein System festgelegten Kriterien entspricht.
9 bis 12	STEL-2Z	Wende Managementprozesse bei der Planung, Organisation und Kontrolle der Arbeit an.
Altersstufe	STEL-3 Integration von Wissen, Technik, Technologien und Verfahren	
PreK-2	STEL-3A	Wende Konzepten und Fertigkeiten aus technischen Bereichen an, sodass sie andere Konzepte und Fertigkeiten über mehrere Inhaltsbereiche verstärken.
PreK-2	STEL-3B	Stelle Verbindungen zwischen Technologie und menschlichen Erfahrungen her.
3 bis 5	STEL-3C	Zeige, wie simple Technologien oft kombiniert werden, um komplexere Systeme zu bilden.
3 bis 5	STEL-3D	Erläutere, inwiefern verschiedene Beziehungen zwischen Technik, Technologie und Ingenieurwesen und anderen Wissenschaften bestehen.
6 bis 8	STEL-3E	Analysiere, wie verschiedene technische Systeme häufig mit wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Systemen wechselwirken.
6 bis 8	STEL-3F	Wende ein Produkt, System oder Verfahren, das für eine bestimmte Umgebung entwickelt wurde, auf eine andere Umgebung an.
6 bis 8	STEL-3G	Erläutere, wie sich das in anderen Bereichen erworbene Wissen auf die Entwicklung von technischen Produkten und Systemen auswirkt.
9 bis 12	STEL-3H	Analysiere, wie es zu einem Technologietransfer kommt, wenn Nutzende eine bestehende Innovation, die für eine Funktion entwickelt wurde, für einen anderen Zweck einsetzen.

9 bis 12	STEL-3I	Bewerte, wie die Technologie die Möglichkeiten für neue Produkte und Dienstleistungen durch die Globalisierung verbessert.
9 bis 12	STEL-3J	Verbinde den technologischen Fortschritt mit dem Fortschritt in anderen Wissensbereichen und umgekehrt.
Altersstufe	STEL-4 Technikfolgen	
PreK-2	STEL-4A	Erkläre, wie Technik bei alltäglichen Aufgaben hilft.
PreK-2	STEL-4B	Veranschauliche nützliche und schädliche Auswirkungen von Technologie.
PreK-2	STEL-4C	Vergleiche simple Technologien, um ihre Auswirkungen zu bewerten.
PreK-2	STEL-4D	Wähle Möglichkeiten zur Reduzierung, zur Wiederverwendung und zum Recycling von Ressourcen im täglichen Leben.
PreK-2	STEL-4E	Entwirf neue Technologien, die dein tägliches Leben verbessern können.
3 bis 5	STEL-4F	Beschreibe die nützlichen und schädlichen Auswirkungen von Technologie.
3 bis 5	STEL-4G	Beurteile Technologien, um zu entscheiden, welche am besten geeignet ist, um eine bestimmte Aufgabe oder einen Bedarf zu erfüllen.
3 bis 5	STEL-4H	Klassifiziere die zur Herstellung von Technologien verwendeten Ressourcen als erneuerbar und nicht erneuerbar.
3 bis 5	STEL-4I	Erläutere, warum der verantwortungsvolle Einsatz von Technologie eine nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen erfordert.
3 bis 5	STEL-4J	Sage voraus, wie bestimmte Aspekte des täglichen Lebens ohne bestimmte Technologien aussähen.
6 bis 8	STEL-4K	Untersuche, inwiefern Technologie positive und negative Auswirkungen zugleich haben kann.
6 bis 8	STEL-4L	Analysiere, wie die Entwicklung und Nutzung von Technologien erneuerbare und nicht erneuerbare Ressourcen verbraucht und Abfall erzeugt.
6 bis 8	STEL-4M	Entwickle Strategien zur Reduzierung, zur Wiederverwendung und zum Recycling von Abfällen, die bei der Herstellung und Nutzung von Technologie entstehen.
6 bis 8	STEL-4N	Analysiere Beispiele von Technologien, die die Art und Weise, wie Menschen denken, interagieren und kommunizieren, verändert haben.
6 bis 8	STEL-4O	Stelle Hypothesen darüber auf, welche alternativen Ergebnisse (individuell, kulturell und/oder ökologisch) sich ergeben hätten, wenn eine andere technische Lösung gewählt worden wäre.
9 bis 12	STEL-4P	Bewerte die Auswirkungen von Technologie auf das Individuum, die Gesellschaft und die Umwelt.
9 bis 12	STEL-4Q	Untersuche, ob bestehende und vorgeschlagene Technologien die Ressourcen nachhaltig nutzen.
9 bis 12	STEL-4R	Bewerte eine Technologie, die den Ressourcenverbrauch und die daraus resultierende Verschwendung minimiert, um ein Ziel zu erreichen.
9 bis 12	STEL-4S	Entwickle eine Lösung für ein technologisches Problem, die die geringsten negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesellschaft hat.
9 bis 12	STEL-4T	Bewerte die Auswirkungen von Technologien auf die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit.
Altersstufe	STEL-5 Gesellschaftlicher Einfluss auf technologische Entwicklungen	
PreK-2	STEL-5A	Erläutere die Bedürfnisse und Wünsche des Individuums und der Gesellschaft.
PreK-2	STEL-5B	Untersuche, wie Technologien entwickelt werden, um individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.
PreK-2	STEL-5C	Untersuche den Einsatz von Technologien im Haushalt und in der Gemeinde.
3 bis 5	STEL-5D	Bestimme Faktoren, die Veränderungen in technologischen Systemen oder der Infrastruktur einer Gesellschaft beeinflussen.
3 bis 5	STEL-5E	Erläutere, wie Technologien entwickelt oder angepasst werden, wenn sich individuelle oder gesellschaftliche Bedürfnisse und Wünsche ändern.
6 bis 8	STEL-5F	Analysiere, wie eine Erfindung oder Innovation durch ihren historischen Kontext beeinflusst wurde.

6 bis 8	STEL-5G	Bewerte Ergebnisse auf der Grundlage verschiedener Perspektiven als Teil eines Entscheidungsprozesses, der die Notwendigkeit sorgfältiger Kompromisse zwischen konkurrierenden Faktoren anerkennt.
9 bis 12	STEL-5H	Bewerte eine technologische Innovation, die aus einem einzigartigen Bedürfnis oder Wunsch einer bestimmten Gesellschaft entstanden ist.
9 bis 12	STEL-5I	Bewerte eine technologische Innovation, die auf gesellschaftlichen Widerstand stieß, der sich auf ihre Entwicklung auswirkte.
9 bis 12	STEL-5J	Entwerfe eine geeignete Technologie für den Einsatz in einer anderen Kultur.
Altersstufe	STEL-6 Technikgeschichte	
PreK-2	STEL-6A	Diskutiere, wie sich die Art und Weise, wie Menschen leben und arbeiten, im Laufe der Geschichte durch die Technik veränderte.
3 bis 5	STEL-6B	Konzipiere Darstellungen der Werkzeuge, die die Menschen herstellten, um Nahrung anzubauen, Kleidung herzustellen und Unterkünfte mit dem Ziel des Schutzes zu errichten.
6 bis 8	STEL-6C	Vergleiche verschiedene Technologien und zeige auf, wie sie zum menschlichen Fortschritt beitrugen.
6 bis 8	STEL-6D	Führe einen Forschungs- und Entwicklungsprozess durch, um zu simulieren, wie sich Erfindungen und Innovationen durch systematische Tests und Verfeinerungen entwickelten.
6 bis 8	STEL-6E	Überprüfe, inwiefern die Spezialisierung von Funktionen die Grundlage für viele technische Verbesserungen war.
9 bis 12	STEL-6F	Erläutere, wie die technische Entwicklung evolutionär verlief und inwiefern sie oft das Ergebnis einer Reihe von Verfeinerungen grundlegender Erfindungen oder technologischer Kenntnisse war.
9 bis 12	STEL-6G	Überprüfe die Aussage, dass die Entwicklung der Zivilisation direkt von der Entwicklung und Verwendung von Werkzeugen, Materialien und Verfahren beeinflusst wurde und diese ihrerseits prägte.
9 bis 12	STEL-6H	Beurteile, inwiefern die Technologie eine starke Kraft bei der Umgestaltung sozialer und kultureller, politischen und wirtschaftlichen Landschaften im Laufe der Geschichte war.
9 bis 12	STEL-6I	Analysiere, wie die industrielle Revolution zur Entwicklung von Massenproduktion, hochentwickelten Transport- und Kommunikationssystemen und fortschrittlichen Konstruktionsverfahren führte und Bildung sowie Freizeit verbesserte.
9 bis 12	STEL-6J	Untersuche die weitreichenden Veränderungen, die das Informationszeitalter mit sich brachte, das den Schwerpunkt auf die Verarbeitung und den Austausch von Informationen legte.
Altersstufe	STEL-7 Entwurf, Konstruktion und Fertigung	
PreK-2	STEL-7A	Wende Grundkonzepte von Gestaltungsprinzipien und -prozessen durch Spielen und Erkunden an.
PreK-2	STEL-7B	Zeige, dass Entwürfe Anforderungen haben.
PreK-2	STEL-7C	Erkläre, dass die Gestaltung technischer Objekte eine Antwort auf Wünsche und Bedürfnisse ist.
PreK-2	STEL-7D	Besprich, dass technische Objekte verschiedene Merkmale haben, die beschrieben werden können.
PreK-2	STEL-7E	Veranschauliche, dass es verschiedene Lösungen für die Gestaltung technischer und technologischer Systeme gibt und dass keine perfekt ist.
PreK-2	STEL-7F	Unterscheide die wesentlichen Fähigkeiten des Gestaltungsprozesses.
PreK-2	STEL-7G	Wende die für die Gestaltung eines technischen Objekts notwendigen Fähigkeiten an.
3 bis 5	STEL-7H	Veranschauliche, dass es mehrere Ansätze für die Gestaltung technischer und technologischer Systeme gibt.
3 bis 5	STEL-7I	Wende deine Fähigkeiten im Bereich der Gestaltung technischer und technologischer Systeme an.
3 bis 5	STEL-7J	Bewerte Entwürfe anhand von Kriterien, Einschränkungen und Normen.
3 bis 5	STEL-7K	Interpretiere, wie eine gute Konstruktion technischer Objekte die Lebensbedingungen der Menschen verbessert.
3 bis 5	STEL-7L	Wende universelle Prinzipien und Elemente der Gestaltung technischer Systeme an.
3 bis 5	STEL-7M	Bewerte Stärken und Schwächen bestehender Gestaltungslösungen, einschließlich eigener Lösungen.
3 bis 5	STEL-7N	Übe deine Fähigkeiten im Gestalten technischer und technologischer Systeme.

3 bis 5	STEL-7O	Wende Werkzeuge, Techniken und Materialien im Rahmen des Gestaltungsprozesses sicher an.
6 bis 8	STEL-7P	Veranschauliche die Vorteile und Möglichkeiten, die mit verschiedenen Ansätzen bei der Gestaltung von Technik und Technologie verbunden sind.
6 bis 8	STEL-7Q	Wende Prozesse zum Entwurf, zur Konstruktion und zur Fertigung technischer Objekte an.
6 bis 8	STEL-7R	Verfeinere technische Lösungen, um Kriterien und Einschränkungen zu berücksichtigen.
6 bis 8	STEL-7S	Entwickle durch Erkennen menschlicher Faktoren bei der Gestaltung von Technik Problemlösungen.
6 bis 8	STEL-7T	Bewerte die Qualität eines technischen Objekts auf der Grundlage gängiger Gestaltungsprinzipien.
6 bis 8	STEL-7U	Bewerte Stärken und Schwächen verschiedener technischer Lösungen.
6 bis 8	STEL-7V	Verbessere deine Fähigkeiten, die für eine erfolgreiche Gestaltung erforderlich sind.
9 bis 12	STEL-7W	Bestimme den besten Ansatz zur Gestaltung eines technischen Objekts, indem du dessen Zweck bewertest.
9 bis 12	STEL-7X	Dokumentiere Kompromisse im Gestaltungsprozess, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.
9 bis 12	STEL-7Y	Optimiere ein technisches Objekt unter Berücksichtigung der gewünschten Eigenschaften, von Kriterien und Einschränkungen.
9 bis 12	STEL-7Z	Wende Prinzipien einer auf menschliche Bedürfnisse ausgerichteten Gestaltung an.
9 bis 12	STEL-7AA	Veranschauliche Prinzipien, Elementen und Faktoren der Gestaltung technischer und technologischer Systeme.
9 bis 12	STEL-7BB	Setze die bestmögliche Lösung für die Gestaltung eines technischen oder technologischen Systems um.
9 bis 12	STEL-7CC	Wende ein breites Spektrum von Fähigkeiten im Gestaltungsprozess an.
9 bis 12	STEL-7DD	Wende eine breite Palette von Fertigkeiten im Gestaltungsprozess an.
Alters- stufe	STEL-8 Anwenden, Instandhalten und Bewerten technischer Produkte und Systeme	
PreK-2	STEL-8A	Analysiere, wie Dinge funktionieren.
PreK-2	STEL-8B	Erkenne Symbole des Alltags und nutze diese.
PreK-2	STEL-8C	Beschreibe die Eigenschaften von Alltagsprodukten.
3 bis 5	STEL-8D	Befolge Anweisungen, um eine technische Aufgabe zu erledigen.
3 bis 5	STEL-8E	Verwende geeignete Symbole, Zahlen und Wörter, um bedeutsame Ideen zu technischen Produkten und Systemen zu vermitteln.
3 bis 5	STEL-8F	Ermittle, warum ein Produkt oder System nicht richtig funktioniert.
3 bis 5	STEL-8G	Prüfe Informationen, um Kompromisse bei der Verwendung eines Produkts oder Systems zu bewerten.
6 bis 8	STEL-8H	Recherchiere Informationen aus verschiedenen Quellen, um technische Produkte oder Systeme zu nutzen und zu warten.
6 bis 8	STEL-8I	Verwende Werkzeuge, Materialien und Maschinen, um Systeme sicher zu untersuchen, einzustellen und zu reparieren.
6 bis 8	STEL-8J	Verwende Geräte zur Steuerung technischer Systeme.
6 bis 8	STEL-8K	Entwickle Methoden zur Erfassung von Daten über technische Systeme.
6 bis 8	STEL-8L	Interpretiere die Genauigkeit der gesammelten Informationen.
6 bis 8	STEL-8M	Verwende Instrumente zur Sammlung von Daten über die Leistung von Alltagsprodukten.
9 bis 12	STEL-8N	Nutze verschiedene Ansätze zur Vermittlung von Prozessen und Verfahren für die Nutzung, Instandhaltung und Bewertung von technischen Produkten und Systemen.
9 bis 12	STEL-8O	Entwickle ein Gerät oder System für den Markt.
9 bis 12	STEL-2P	Wende geeignete Methoden zur Diagnose, Einstellung und Reparatur von Systemen an, um eine präzise, sichere und ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten.
9 bis 12	STEL-2Q	Erfasse Daten und Trends und analysiere diese, um Entscheidungen über technologische Produkte, Systeme oder Prozesse zu treffen.
9 bis 12	STEL-2R	Interpretiere die Ergebnisse der Technologiefolgenabschätzung als Richtschnur für die Gesetzgebung.

STEL-Zielvorgaben und ihre Zuordnung zu kognitiven, affektiven und psychomotorischen Bereichen

Lehrplanentwickelnde und Lehrkräfte müssen oft sicherstellen, dass die Schülerinnen und Schüler auf einer angemessenen Ebene in kognitiven, affektiven und psychomotorischen Bereichen unterrichtet und beurteilt werden. Die STEL-Zielvorgaben sind mit Operatoren beschrieben, um verschiedene Ebenen dieser Bereiche anzusprechen. Darüber hinaus möchten Lehrplanentwickelnde und Lehrkräfte ggf.

wissen, ob die Lernergebnisse auf der sachlichen, konzeptionellen, prozeduralen oder metakognitiven Wissenssebene angesiedelt sind. Auf der interaktiven STEL-Website der ITEEA werden diese Faktoren für alle 142 STEL-Zielvorgaben bereitgestellt. Das Instrument wurde entwickelt, um die Ausrichtung der drei Bereiche auf die Dimensionen allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy sowie auf die Lernziele der Schülerinnen und Schüler zu gewährleisten. Dieser Zusammenhang ist in Tabelle A.2 dargestellt.

Tabelle A.2: Ausrichtung der drei Lernbereiche auf die Dimensionen im Bereich allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy und auf die Literacysziele der Schülerinnen und Schülern

Bereich		Dimension im Bereich allgemeiner technischer, technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Literacy		Literacy-Ziel (wie in den Zielvorgaben definiert)
Kognitiv	→	Wissen und Denken	→	Wissen
Psychomotorisch	→	Machen	→	Fähigkeiten
Affektiv	→	Wissen, Denken und Machen	→	Disposition

Für die drei Beispiele in Tabelle A.2 werden in Tabelle A.3 die Domänen, Domänenebenen und Wissensdimensionen angegeben. Diese Informationen werden für jede Zielvorgabe in dem interaktiven Online-Tool verfügbar sein. Tabelle A.3 enthält Spalten für jeden Bereich, und für jede Zielvorgabe wurden die anwendbaren Ebenen ermittelt. Die Ebenen für jeden Bereich sind:

Kognitiver Bereich (vgl. Anderson & Krathwohl, 2001):

- Erinnern
- Verstehen
- Anwenden
- Analysieren
- Bewerten
- Erstellen

Affektiver Bereich (vgl. Krathwohl et al., 1964):

- Empfangen
- Reagieren
- Bewerten
- Organisieren
- Charakterisieren

Psychomotorischer Bereich (vgl. Bixler, 2011):

- Beobachten
- Nachahmen
- Praktizieren
- Anpassen

Ebenen des Wissens:

- Sachlich
- Konzeptuell
- Prozedural
- Metakognitiv

Tabelle A.3: STEL-Zielvorgabenoperatoren und Wissensbereiche

STEL-Zielvorgabe	Kognitiver Bereich	Affektiver Bereich	Psychomotorischer Bereich	Wissensebene
1A: Vergleiche die natürliche Welt mit der vom Menschen geschaffenen Welt.	Analysieren		Beobachten	Konzeptuell
5G: Bewerte Ergebnisse auf der Grundlage verschiedener Perspektiven als Teil eines Entscheidungsprozesses, der die Notwendigkeit sorgfältiger Kompromisse zwischen konkurrierenden Faktoren anerkennt.	Bewerten	Reagieren		Konzeptuell
Optimiere ein technisches Objekt unter Berücksichtigung der gewünschten Eigenschaften, der Kriterien und Einschränkungen.	Analysieren		Anpassen	Prozedural

Anhang

Kurze Geschichte des
Projekts zur Überarbeitung
der Standards



B

Die ursprünglichen Standards for Technological Literacy (STL) wurden im Jahr 2000 von der International Technology Education Association (ITEA, jetzt ITEEA) veröffentlicht und 2002 sowie 2007 leicht überarbeitet. In den Jahren 2011 und 2012 bewarb sich die ITEEA zusammen mit der American Society for Engineering Education (ASEE), der National Academy of Engineering (NAE) und der Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) um Mittel der National Science Foundation (NSF) und der Advanced Technological Education (ATE) für die Überarbeitung der Standards, erhielt diese aber nicht. Im März 2016 führte der Council on Technology and Engineering Teacher Education (CTETE) der ITEEA interne Diskussionen über die Möglichkeit, eine eigene Akkreditierungsstelle und Programmstandards zu entwickeln. Es wurde vom CTETE-Akkreditierungsausschuss weiter diskutiert, dass ein erster Schritt die Überarbeitung der STL beinhalten müsse. Diese Diskussionen nahmen zwei Jahre in Anspruch. Im Juni 2018 verpflichtete sich das CTETE-Exekutivkomitee zu dem Projekt der Überarbeitung der STL. Die Ratsmitglieder arbeiteten mit den ITEEA-Mitarbeitenden zusammen, um einen neuen Antrag auf Finanzierung bei der NSF im Herbst 2018 vorzubereiten und einzureichen. Die Finanzierung wurde Anfang 2019 bewilligt.

Zeitplan für das Projekt zur Überarbeitung der Standards

Sommer 2018:

- Erste Entwürfe für eine Umfrage unter ITEEA-Mitgliedern, die vom CTETE-Leiterteam entwickelt wurde, um Beiträge zur aktuellen Nutzung der STL zu sammeln

Herbst 2018:

- Entwicklung eines gemeinsamen Planungsteams von CTETE und ITEEA
- Auswahl von acht Projektleitenden für die STL-Revision
- Entwicklung eines Verfahrens für die Qualifikation und Bewerbung von begutachtenden Personen
- Erstellung einer ITEEA-Website für das Projekt

- Antrag auf ATE-Zuschuss der National Science Foundation
- Verteilung der Umfrage an 60 000 ITEEA-Mitglieder und Interessengruppen
- Vorstellung des Projekts bei der ITEEA's 21st Century Leadership Academy

Frühjahr 2019:

- Auswertung der Umfrageergebnisse und Berichterstattung darüber in der Zeitschrift *Technology and Engineering Teacher*
- NSF ATE Grant #1904261 genehmigt
- Das STL-Revisionsleitungsteam löst das gemeinsame Planungsteam auf der ITEEA-Jahreskonferenz 2019 in Kansas City, MO, ab
- Die 30 Mitglieder des Review-Teams werden durch ein modifiziertes Delphi-Verfahren ausgewählt
- Die Mitglieder des Führungsteams haben ein Hintergrund- und Begründungspapier erarbeitet, das sich mit den Themen Literacy, Reduzierung der Anzahl der Standards, Projektauftrag und -vision sowie Vorschlägen für ein überarbeitetes Format befasst

Sommer 2019:

- Veröffentlichung des Dokuments „ITEEA Standards for Technological Literacy Revision Project: Background, Rationale, and Structure“ sowie Umfrage an 30 Mitgliedern des Review-Teams
- Bis 8. August: Schreibwerkstatt zum STL-Revisionsprojekt im Chinsegut Hill Retreat in Brooksville, Florida
- Die Autorinnen und Autoren von Chinsegut haben den ersten Entwurf der acht Standards und acht Kontexte erstellt

Herbst 2019:

- Zusammenfassender Entwurf der Standards und Kontexte, die vom Führungsteam auf der Grundlage der in Chinsegut durchgeführten Arbeiten entwickelt wurden
- Alle Kapitel von „Standards for Technological and Engineering Literacy: Defining the Role of Technology and Engineering in STEM Education“ verfasst

- Erster vollständiger Entwurf an die 30 Mitglieder des Chinsegut Review Teams zur Überprüfung und Rückmeldung geschickt
- Überarbeitungen aufgrund von Beiträgen des Chinsegut Review Teams
- Zweiter vollständiger Entwurf wird am 19. November 2019 an 65 ausgewählte Gutachterinnen und Gutachter der zweiten Runde gesendet

Frühjahr 2020:

- Dritter Entwurf der STEL auf der Grundlage des Feedbacks der zweiten Runde fertiggestellt

- Zusammengesetztes STEL-Dokument auf der ITEEA-Website zur Kommentierung durch ITEEA-Mitglieder und Interessengruppen veröffentlicht
- „Standards for Technological and Engineering Literacy Executive Summary“ im Februar 2020 veröffentlicht

Sommer 2020:

- Veröffentlichung der endgültigen STEL im Frühsommer 2020
- Interaktive STEL-Website gestartet

Anhang

Bibliografie und Referenzen

C

The right side of the page features a vertical strip with a complex, abstract digital background. It consists of numerous thin, glowing lines in shades of blue, green, and orange, crisscrossing and radiating from various points. There are also some semi-transparent, rectangular shapes that look like data blocks or server components. The overall effect is one of high-tech connectivity and data flow.

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2016). Criteria for accrediting engineering programs, 2016-2017. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2016-2017/>
- Advance CTE, Association of State Supervisors of Math, Council of State Science Supervisors, and International Technology and Engineering Educators Association. (2018). STEM4: The power of collaboration for change. <https://careertech.org/resource/STEM4-power-collaboration-change>
- Alismail, H. & McGuire, P. (2015). 21st Century standards and curriculum: Current research and practice. *Journal of Education and Practice*, 6(6), 150–155.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association. (2007). *Atlas of science literacy: Project 2061*. Washington, DC: Author. <http://www.project2061.org/publications/sfaa/>
- Anderson, L.W. (Ed.), Krathwohl, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J. & Wittrock, M.C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, NY: Longman.
- Antink-Meyer, A. & Brown, R. (2019). Nature of engineering knowledge: An articulation for science learners with nature of science understandings. *Science & Education* (online). <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00038-0>
- Antonenko, P., Jahanzad, F. & Greenwood, C. (2014). Fostering collaborative problem solving and 21st century ski
- lls using the DEEPER scaffolding framework. *Journal of College Science Teaching*, 43(6), 79–88.
- Asunda, P. (2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education*, 23(2), 44–60.
- Asunda, P. & Weitlauf, J. (2018) STEM habits of mind: Supporting and enhancing a PBL design challenge-Integrating STEM instruction approach. *Technology and Engineering Teacher*, 78(3), 34–38.
- Balaji, U. (2017). A new approach to teaching robotics to high school students. *Technology and Engineering Teacher* (electronic version). https://www.iteea.org/TETe_MayJune2017.aspx
- Banks, F. & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. London, UK: Routledge.
- Barton, P. (2010). National education standards: To be or not to be? *Educational Leadership*, 67(7), 22–29.
- Benjamin, S. & Schwartz, W. (1994). When less is more: A devil's advocate position on standards. *English Journal* 94(7).
- Bitter, G. & Thomas, L. (1997). National educational technology standards: Developing new learning environments for today's classrooms. *NASSP Bulletin*, 81(592), 52.
- Bixler, B. (2011). The ABCDs of writing instructional objectives. <https://creativecommons.org/>
- Buckler, C., Koperski, K. & Loveland, T. (2018). Is computer science compatible with technological literacy? *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 15–20.
- Buelin, J., Daugherty, M., Hoepfl, M., Holter, C., Kelley, T., Loveland, T., Moye, J. & Sumner, A. (2019).

- ITEEA standards for technological literacy revision project: Background, rationale, and structure. Reston, VA: International Technology and Engineering Educators Association. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=151454&v=e868d0d8>
- Bush, S. & Cook, K. (2019). Step into STEAM: Your standards-based action plan for deepening mathematics and science learning, Grades 5–8. Thousand Oaks, CA: Corwin & Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Carr, R., Bennett, L. & Strobel, J. (2012). Engineering in the K-12 STEM standards C of the 50 U.S. states: An analysis of presence and extent. *Journal of Engineering Education*, 101(3), 539–564.
- Cencelj, Z., Abersek, M., Bersek, B. & Flogie, A. (2019). Role and meaning of functional science, technological and engineering literacy in problem-based learning. *Journal of Baltic Science Education*, 18(1), 132–146. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.132>
- Change the Equation (CTEq). (2016). Vital signs: Reports on the condition of STEM learning in the U.S. Retrieved January 16, 2017, from https://www.ecs.org/wp-content/uploads/TEL-Report_0.pdf
- Common Core State Standards Initiative. (2019). Standards for mathematical practice. <http://www.corestandards.org/Math/Practice/>
- Computing at School. (2015). Computational thinking: A guide for teachers. London, UK: Author.
- Cook, K. & Bush, S. (2018). Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. *School Science and Mathematics*, 118(3–4), 93–103. doi:10.1111/ssm.12268
- Cummins, P., Yamashita, T., Millar, R. & Sahoo, S. (2019). Problem-solving skills of the U.S. workforce and preparedness for job automation. *Adult Learning*, 30(3), 111–120.
- Darche, S. & Stam, B. (2012). College and career readiness: What do we mean? *Techniques*, 87(3), 20–25.
- Daugherty, M. (2009). The T and E in STEM education. *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering*, International Technology Education Association (pp. 18–25). Reston, VA: ITEEA.
- Denson, C., Buelin, J., Lammi, M. & D'Amico, S. (2015). Developing instrumentation for assessing creativity in engineering design. *Journal of Technology Education*, 27(1), 23–40.
- Di Paolantonio, M. (2016). The cruel optimism of education and education's implication with „passing-on“. *Journal of Philosophy of Education*, 50(2), 147–159.
- Dugger, W. (2000). How to communicate to others about the standards. *The Technology Teacher*, 60(3), 9 bis 12.
- Dugger, W. (2016). The Legacy Project. *Technology and Engineering Teacher*, 76(2), 36–39.
- Dugger, W. & Moye, J. (2018). Standards for technological literacy: Past, present, and future. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 8–12.
- EDDirect. (2015). Ethics in education. Retrieved October 11, 2019, from <http://www.eddirect.com/resources/education/ethics-in-education>
- Erbil, L. & Dogan, F. (2012). Collaboration within student design teams participating in architectural design competitions. *Design and Technology Education*, 17(3), 70–77.

- Ernst, J. & Clark, A. (2007). Scientific and technical visualization in technology education. *The Technology Teacher*, 66(8), 16–20.
- Ernst, J. & Moye, J. (2013). Social adjustment of at-risk technology education students. *Journal of Technology Education*, 24(2), 2–13.
- Estapa, A., Hutchinson, A. & Nadolny, L. (2018). Recommendations to support computational thinking in the elementary classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 25–29.
- Fleming, R. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education*, 73(4), 391–404.
- Foster, P. (2005). Technology in the standards of other school subjects. *The Technology Teacher*, 65(3), 17–21.
- Fourez, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social Studies of Science*, 27, 903–936.
- France, B. (2015). Technological literacy: A realisable goal or a chimera? ACE Papers, Issue 5: Issues in Educational Professional Development, Paper 3. Auckland, New Zealand: University of Auckland. <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/25056>
- Friedman, T. (2005). *The world is flat: A brief history of the twenty-first century*. New York, NY: Farrar, Straus and McKinsey.
- Gagel, C. (1997). Literacy and technology: Reflections and insights for technological literacy. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 6–34.
- Gandal, M. (1995). Why we need academic standards. *Educational Leadership*, 53(1), 84–86. <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/sept95/vol53/num01/Why-We-Need-Academic-Standards.aspx>
- Grubbs, M., Strimel, G. & Huffman, T. (2018). Engineering education: A clear content base for standards. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 32–38.
- Haag, S. & Megowan, C. (2015). Next Generation Science Standards: A national mixed-methods study on teacher readiness. *School Science and Mathematics*, 115(8), 416–426.
- Hacker, M. (2018). Integrating computational thinking into technology and engineering education. *Technology and Engineering Teacher*, 77(4), 8–14.
- Hacker, M., Crismond, D., Hecht, D. & Lomask, M. (2017). Engineering for all: A middle school program to introduce students to engineering as a potential social good. *Technology and Engineering Teacher*, 77(3), 8–14.
- Hailey, C., Erikson, T., Becker, K. & Thomas, T. (2005). National center for engineering and technology education. *The Technology Teacher*, 64(5), 23–26.
- Hall, G. (2011). Curriculum, instruction, and assessment for creativity and design. In S. Warner and P. Gemmill (Eds.), *Creativity and design in technology & engineering education* (pp. 262–289). Reston, VA: Council on Technology Teacher Education.
- Henriksen, D., Henderson, M., Creely, E., Ceretkova, S., Cernochova, M., Sendova, E., Sointu, E. & Tienken, C. (2018). Creativity and technology in education: An international perspective. *Technology, Knowledge and Learning*, 23, (409–424). <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9380-1>
- Heroman, C. (2017). *Making and tinkering with STEM: Solving design challenges with young children*. Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.

- Heywood, J. (2017). Why technological literacy and for whom? In Heywood et al. (2017). Philosophical and educational perspectives on engineering and technological literacy, IV (pp. 2-9). Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/ece_books/4/
- Hoepfl, M. (2003). Concept learning in technology education. In K. R. Helgeson and A. E. Schwaller (Eds.), *Selecting instructional strategies for technology education* (pp. 47–64). CTETE 52nd Yearbook. New York, NY: Glencoe McGraw-Hill.
- Hoepfl, M. (2016). Research on teaching and learning in technology and engineering education and related subjects. In
- Hoepfl, M. (Ed.). *Exemplary teaching practices in technology and engineering education*. CTETE 61st Yearbook. Reston, VA: Council on Technology and Engineering Teacher Education.
- Ingerman, A. & Collier-Reed, B. (2011). Technological literacy reconsidered: A model for enactment. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 137–148. doi: 10.1007/s10798-009-9108-6
- Institute of Education Sciences/National Center for Education Statistics. (2019). Technology and engineering literacy. Retrieved May 8, 2019, from <https://nces.ed.gov/nationsreportcard/tel/>
- International Society for Technology in Education. (2014). ISTE standards. Retrieved October 24, 2018, from <https://www.iste.org/standards>
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- International Technology Education Association (ITEA/ITEEA). (2000/2002/2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- International Technology Education Association. (2003). *Advancing excellence in technological literacy: Student assessment, professional development, and program standards*. Reston, VA: Author.
- Iversen, E. (2015). K-12 learning by engineering design. *Start Engineering*. <http://start-engineering.com/start-engineering-now/2015/11/3/k-12-learning-by-engineering-design>
- Jackson, A., Mentzer, N. & Kramer-Bottiglio, R. (2020). Soft robotics as emerging technologies: Preparing students for future work through soft robot design experiences. *Technology and Engineering Teacher*, 79(6), 8–14.
- Kelley, T. (2010). Optimization, an important stage of engineering design. *The Technology Teacher*, 69(5), 18–23.
- Kelley, T. (2015). Annual NSF report for science learning through engineering design. Unpublished manuscript, Purdue University, West Lafayette, IN.
- Kelley, T. & Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). doi 10.1186/s40594-016-0046-z
- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D. & Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy & technical literacy: A state-by-state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, 14(3), 5–12.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., and Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of educational objectives, Book II. Affective domain*. New York, NY: David McKay Company, Inc.
- Krupczak, J., Pearson, G. & Ollis, D. (2006, June). Assessing technological literacy in the United States. Paper presented at 2006 Annual Con-

C
ference & Exposition, Chicago, Illinois. <https://peer.asee.org/396>

- Krupczak, J., Blake, J., Disney, K., Hilgarth, C., Libros, R., Mina, M. & Walk, S. (2016). Defining engineering and technological literacy. In Philosophical and educational perspectives on engineering and technological literacy, III (pp. 8–14). Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/ece_books/3/
- Land, R. (2012). Engineering technologists are engineers. *Journal of Engineering Technology*, 1(5), 32–39.
- Lederman, N., Lederman, J. & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138–147.
- Levin, H. (2015). The importance of adaptability for the 21st century. *Society*, 52(2), 136–141.
- Loepp, F. (2004). Standards: Mathematics and science compared to technological literacy. *The Journal of Technology Studies*, 30(1/2), 2–10.
- Loewus, L. (2016, February 23). Eight things to know about the Next Generation Science Standards [Education Week blog post]. http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2016/02/next_generation_science_standards_8_things_to_know.html
- Love, T. (2017). Perceptions of teaching safer engineering practices: Comparing the influence of professional development delivered by technology and engineering, and science educators. *Science Educator*, 26(1), 1–11.
- Love, T. & Wells, J. (2018). Examining correlations between the preparation experiences of U.S. technology and engineering educators and their teaching of science content and practices. *International Journal of Technology and Design Education*. 28(2), 395–416.
- Loveland, T. (2017). Teaching personal skills in technology and engineering: Is it our job? *Technology and Engineering Teacher*, 76(7), 15–19.
- Loveland, T. (2019). Standards for technological literacy revision survey: Preliminary results. *Technology and Engineering Teacher* (electronic version), 78(8). <https://www.iteea.org/TETMayJune19STL.aspx>
- Loveland, T. & Love, T. (2017). Technological literacy: The proper focus to educate all students. *The Technology and Engineering Teacher*, 76(4), 13–17.
- Lucas, B. & Hanson, J. (2016). Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 6(2), 4–14.
- Marshall, B. (2011). English in the national curriculum: A simple redraft or a major rewrite? *The Curriculum Journal*, 22(2), 187–199.
- Massel, D. (1994). Three challenges for national content standards. *Education & Urban Society*, 26(2), 185.
- McGuinn, P. (2015). Complicated politics to the core. *Phi Delta Kappan*, 97(1), 14–19.
- Mitchell, T. (2017). Examining the relationship between technology & engineering instruction and technology & engineering literacy in K-8 education [Doctoral dissertation, Duquesne University]. <https://dsc.duq.edu/etd/179>
- Moye, J., Dugger, W. & Starkweather, K. (2016). Learning better by doing study: Third-year results. *Technology and Engineering Teacher*, 76(1), 18–25.
- Moye, J., Dugger, W. & Starkweather, K. (2017). Learn better by doing study: Fourth-year results. *Technology and Engineering Teacher*, 77(3), 32–38.

Moye, J., Dugger, W. & Starkweather, K. (2018). Learn better by doing. Reston, VA: ITEEA. https://www.iteea.org/Activities/2142/Learning_Better_by_Doing_Project.aspx

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). Science literacy: Concepts, contexts, and consequences. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23595

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). Communicating science effectively: A research agenda. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/23674

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). How people learn II: Learners, contexts, and cultures. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/24783>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Science and engineering for grades 6-12: Investigation and design at the center. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/25216>

National Academy of Engineering [NAE]. (2010). Standards for K-12 engineering education? Washington, DC: The National Academies Press.

National Academy of Engineering. (2019a). NAE grand challenges for engineering. Retrieved May 28, 2019, from <http://www.engineering-challenges.org/>

National Academy of Engineering. (2019b). Engineering habits of mind. <https://www.linkengineering.org/Explore/what-is-engineering/5808.aspx>

National Academy of Engineering. (2009). The status and nature of K-12 engineering in the United States. <https://www.nae.edu/16161/The-Status-and-Nature-of-K12-Engineering-Education-in-the-United-States>

National Academy of Engineering and National Research Council. (2002). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. Washington, DC: The National Academies Press.

National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). Technically speaking: Why all Americans need to know about technology. Washington, DC: The National Academies Press.

National Academy of Sciences. (1996). National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press.

National Academy of Sciences. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects – Executive summary.

Washington, DC: The National Academies Press. https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng_in_K-12_Ed.pdf

National Academy of Sciences. (2018). National science education standards: An overview. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/4962/chapter/2>

National Center for Education Statistics. (2014). National assessment of educational progress: Technology and engineering literacy (NAEP-TEL). Washington, DC: U.S. Department of Education.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

National curriculum in England: Design and technology programmes of study. (2013). UK Department of Education. Retrieved August 1, 2019, from <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>

- National Education Association. (2019). An educator's guide to the „four Cs”: Preparing 21st century students for a global society. <http://www.nea.org/tools/52217.htm>
- National Governors Association. (2007). Innovation America: Building a science, technology, engineering, and math agenda. Washington, DC: Author.
- National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers. (2010). Common core state standards. Washington DC: Authors.
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4962>
- National Research Council. (2002). Investigating the influence of standards: A framework for research in mathematics, science, and technology education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2010). Standards for K-12 engineering education? Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12990>
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science Teachers Association (2016). NSTA position statement: The Next Generation Science Standards. <https://www.nsta.org/about/positions/ngss.aspx>
- NGSS Lead States. (2013a). How to read the Next Generation Science Standards. https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/1b--Eng_in_K-12_Ed.pdf
- NGSS Lead States. (2013b). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nextgenscience.org/>
- NGSS Lead States. (2013c). The next generation science standards: Appendix I – Engineering design in the NGSS. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2019). Three-dimensional learning. <https://www.nextgenscience.org/three-dimensions>
- Nia, M. & de Vries, M. (2016). “Standards” on the bench: Do standards for technological literacy render an adequate image of technology? Journal of Technology and Science Education, 6(1), 5–18.
- Nordstrom, K. & Korpelainen, P. (2011). Creativity and inspiration for problem solving in engineering education. Teaching in Higher Education, 16(4), 439–450.
- O'Neil, J. (1995). On using the standards: A conversation with Ramsay Selden. Educational Leadership, 52(6), 12.
- Pardamean, B. (2012). Measuring change in critical thinking skills of dental students educated in PBL curriculum. Journal of Dental Education. 76(4), 443–453.
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). Framework and resources. Retrieved July 28, 2019, from <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>
- Phi Delta Kappa International. (2017). Academic achievement isn't the only mission. 49th PDK/ Gallup Poll of the Public's Attitudes Toward the Public Schools. http://pdkpoll.org/assets/downloads/PDKnational_poll_2017.pdf

- Popham, W. (2006). Content standards: The undicted co-conspirator. *Educational Leadership*, 64(1), 87–88.
- Prier, D., Mann, M., Oluseyi, H. & Hite, R. (2018, November) Life skills students in the STEM classroom: Robotics as effective project-based learning. *Technology and Engineering Teacher* (electronic version). <https://www.iteea.org/File.aspx?id=141655&v=57634d55>
- Pursuit of Happiness, Inc. (2018). Mindfulness and positive thinking. <https://www.pursuit-of-happiness.org/science-of-happiness/positive-thinking/#>
- Reed, P. (2017) Technology education standards in the United States: History and rationale. In M. de Vries (Ed.) *Handbook of Technology Education* (pp. 235–250). Springer International Handbooks of Education.
- Reed, P. (2018). Reflections on STEM, standards, and disciplinary focus. *Technology and Engineering Teacher*, 77(7), 16–20.
- Reeves, D. (2000). Standards are not enough: Essential transformations for school success. *NASSP Bulletin*, 84(620), 5.
- Reimers, J., Farmer, C. & Klein-Gardner, S. (2015). An introduction to the standards for preparation and professional development for teachers of engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1), 40–60.
- Royal Academy of Engineering. (2014). Thinking like an engineer: Implications for the education system. Winchester, UK: Centre for Real-World Learning. <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/thinking-like-an-engineer-implications-full-report>
- Saavedra, A. & Opfer, V. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8–13.
- Sanders, M. (2009). Integrative STEM: Primer. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Snyder, J. & Hales, J. (1981). Jackson's Mill industrial arts curriculum theory. Charleston, WV: West Virginia Department of Education.
- Stohlmann, M., Moore, T. J. & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), Article 4. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Strimel, G., Grubbs, M. & Wells, J. (2017). Engineering education: A clear decision. *Technology and Engineering Teacher*, 76(4), 18–24.
- Suhor, C. (1994). National standards in English: What are they? Where does NCTE stand? *English Journal*, 83(7), 25.
- Sung, W. (2018). Fostering computational thinking in technology and engineering education: An unplugged hands-on engineering design approach. *Technology and Engineering Teacher*, 78(5), 8–13.
- Tang, K. & Williams, P. (2019). STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs. *Review of Education*, 7(3), 675–697. <https://doi.org/10.1002/rev3.3162>
- Technology Student Association (TSA). (n.d.) High school competitions. <https://tsaweb.org/competitions-programs/tsa/high-school-competitions>
- Temes, G. (2019) Thoughts on engineering creativity [Point of view]. *Proceedings of the IEEE*, (7), 1223.
- Todd, R. (1991). The natures and challenges of technological literacy. In M. Dyrenfurth and M. Kozak (Eds.), *Technological literacy*, 40th yearbook of the Council for Technology Teacher Education (pp. 10–27). Peoria, IL: Glencoe.

- Tsupros, N., Kohler, R. & Hallinen, J. (2009). STEM education in southwestern Pennsylvania: Report of a project to identify the missing components. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University and Intermediate Unit 1 Center for STEM Education. <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Ujifusa, A. (2014). As states drop common core, replacement hurdles loom. *Education Week*, 33(36), 27.
- United Nations. (2019). Sustainable development goals. Retrieved September 9, 2019, from <https://sustainabledevelopment.un.org/#>
- Warner, S. (2000). The effects on students' personality preferences from participating in Odyssey of the Mind [unpublished doctoral dissertation]. West Virginia University.
- Watts, E., Levit, G. & Hossfeld, U. (2016). Science standards: The foundation of evolution education in the United States. *Perspectives in Science*, 10, 59–65.
- Wells, A. (2013). The importance of design thinking for technological literacy: A phenomenological perspective. *International Journal of Technology & Design Education*, 23(3), 623–636.
- Wells, J. (2016). I-STEM ed exemplar: Implementation of the PIRPOSAL model. *Technology and Engineering Teacher*, 76(2), 16–23.
- White, A. & Rizzo, J. (2008). World-class standards: Setting the new cornerstone for American education. James B. Hunt Jr. Institute for Educational Leadership and Policy, 2, 1–8.
- Wiggins, G. (2011). A diploma worth having. *Educational Leadership*, 68(6), 28–33.
- Wiggins, G., McTighe, J., Kiernan, L., Frost, F. & Association for Supervision and Curriculum Development. (1998). *Understanding by design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Williams, P. J. (2009). Technological literacy: A multiliteracies approach for democracy. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 237–254. doi:10.1007/s10798-007-9046-0
- Williams, A., Cowdroy, R. & Wallis, L. (2012). *Design*. In P. J. Williams (Ed.), *International technology education series: Technology education for teachers* (pp. 93–114). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Wrigley, C. & Straker, K. (2017). Design thinking pedagogy: The educational design ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385.
- Yatt, B. & McCade, J. (2011). Defining creativity and design. In S. Warner and P. Gemmill (Eds.), *Creativity and design in technology & engineering education* (pp. 32–68). Reston, VA: Council on Technology Teacher Education.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning first. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19.

Anhang

Danksagungen



D



CTETE Board of Directors 2018–2019

Marie Hoepfl, Appalachian State University, Past President
 Charles McLaughlin, DTE, Rhode Island College, President
 Scott Warner, Millersville University of Pennsylvania, Vice President
 Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore, Secretary
 Vinson Carter, University of Arkansas, Treasurer

ITEEA Board of Directors 2018–2019

Yvonne Spicer, DTE, President
 Ed Reeve, DTE, Past President
 Michael Sandell, DTE, President-Elect
 Debra Shapiro, DTE, Director, Region I
 Abbi Richcreek, Director, Region II
 Kurt Helgeson, Director, Region III
 Gary Stewardson, Director, Region IV
 Mark Crenshaw, DTE, Director, ITEEA-CSL
 Marie Hoepfl, Director, CTETE
 Scott Greenhalgh, Director, TEECA
 Charlotte Holter, ITEEA-CC
 Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

Standards Revision Planning Team 2018

Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore
 Marie Hoepfl, Appalachian State University
 Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA
 Johnny Moyer, DTE, ITEEA Senior Fellow
 Katie de la Paz, Communications Director, ITEEA

Standards Revision Leadership Team 2018–2020

Thomas Loveland, DTE, University of Maryland Eastern Shore
 Marie Hoepfl, Appalachian State University
 Todd Kelley, DTE, Purdue University
 Michael Daugherty, University of Arkansas

Charlotte Holter, ITEEA Elementary STEM Council
 Johnny Moyer, DTE, ITEEA Senior Fellow
 Jennifer Buelin, Director, ITEEA STEM Center for Teaching and Learning (2018-2019)
 Anna Sumner, DTE, former ITEEA President
 Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University (2019-2020)
 Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

Chinsegut Writer/Reviewers

Scott Bartholomew, Purdue University
 Susan Bastion, Cisco Systems
 Bradley Bowen, Virginia Tech, ASEE Representative
 Sharon Brusic, Millersville University
 Vinson Carter, University of Arkansas
 Michael Cermak, Rockford Public Schools
 Cameron Denson, North Carolina State University
 Brandon Hamby, Stihl, Inc.
 Nancye Hart, DTE, ITEEA STEM Center for Teaching and Learning
 Andrew Hughes, California State University-San Bernardino
 Scott Jewell, Ipswich Middle School (MA)
 Rachel Kane, West Hartford Schools (CT)
 Taylor Kidd, Community College of Baltimore County
 Geoff Knowles, Ivy Tech Community College
 Kenyatta Lewis-White, Prince George's County Public Schools (MD)
 Jocelyn Long, Downingtown STEM Academy (PA)
 Tyler Love, Penn State University
 Chris Merrill, DTE, Illinois State University
 Derrick Nero, University of Nebraska Omaha
 Steve Parrott, DTE, Illinois State Department of Education
 Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University
 Thomas Roberts, Bowling Green State University
 Robi Robichaud, World Resources Institute
 Steve Shumway, Brigham Young University
 Julie Sicks-Panus, Plymouth Elementary School (NH)
 Thomas Siller, Colorado State University

Patricia Simmons, NSTA Special Initiatives
 Scott Warner, Millersville University of Pennsylvania
 Trena Wilkerson, Baylor University, NCTM Representative
 Second Round Reviewers
 P. John Williams, Curtin University, Perth, Australia
 David Barlex, University of Exeter (UK)
 Lynn Basham, DTE, Virginia Department of Education
 Thomas P. Bell, DTE, Millersville University of Pennsylvania
 James Boe, DTE, Valley City State University
 Kimberly Bradshaw, Principal, Green Valley Elementary (VA)
 Janice Cabahug, Technology Student Association
 Aaron Clark, DTE, North Carolina State University
 Michael DeMiranda, Texas A & M University
 Marc J. de Vries, Delft University of Technology (The Netherlands)
 Michele Dischino, Central Connecticut State University
 Dustin Driever, Kennedy Elementary (NE)
 Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education
 John Flanagan, President, Goodheart-Willcox Company, Inc.
 Patrick Foster, Central Connecticut State University
 Robert Gray, DTE, University of Maryland Eastern Shore, Retired
 Clark Greene, Buffalo State University
 Jianjun Gu, Nanjing Normal University (China)
 Michael Hacker, DTE, Hofstra University
 William Havice, DTE, Clemson University
 James Hemming, Dundalk High School (MD)
 Roger Hill, University of Georgia
 Brent Hollers, Sequoyah High School (GA)
 Brandt Hutzel, Pennsylvania Department of Education
 Virginia R. Jones, DTE, Patrick Henry Community College
 Gregory Kane, DTE, Central Connecticut State University

Thelma Kastl, West Wilkes Middle School (NC)
 Daniel P. Kelly, Texas Tech University
 Andrew Klenke, DTE, Pittsburg State University (KS)
 Len Litowitz, DTE, Millersville University
 Doug Livingston, Utah State Board of Education
 Samantha Moorzitz, Monmouth County Vocational School District (NJ)
 Steve O'Brien, The College of New Jersey
 Paul E. Post, The Ohio State University
 Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University
 Edward Reeve, DTE, Utah State University
 Abbi Richcreek, Warsaw Community Schools (IN)
 John Ritz, DTE, Old Dominion University, Retired
 Trevor Robinson, Utah State University
 Mary Annette Rose, Ball State University
 David Rouch, DTE, Ohio Northern University

ITEEA Board of Directors 2019–2020

Michael Sandell, DTE, Chisago Lakes Schools (MN)
 Tom Shown, North Carolina Department of Public Instruction, Retired
 Kendall Starkweather, DTE, ITEEA Executive Director, Retired
 Torben Steeg, Manchester Metropolitan University (UK)
 Gary Stewardson, Utah State University
 Vanessa Stratton, Project Lead The Way
 Greg Strimel, Purdue University
 Jerianne Taylor, DTE, Appalachian State University
 Ron Todd, ITEEA Ambassador
 David White, DTE, Florida A & M University
 Geoff Wright, DTE, Brigham Young University
 Luke Yount, Millersville University
 Michael Sandell, DTE, President
 Yvonne Spicer, DTE, Past President
 Philip A. Reed, DTE, President-Elect
 Scott Nichols, Director, Region I
 Abbi Richcreek, Director, Region II
 Michael Sundblad Director, Region III

Abbi Richcreek, Director, Region II
 Michael Sundblad Director, Region III
 Gary Stewardson, Director, Region IV
 Don Fischer, Director, ITEEA-CSL
 Charles McLaughlin, DTE, Director, CTETE
 Trevor Robinson, Director, TEECA
 Charlotte Holter, ITEEA-CC
 Steven Barbato, DTE, Executive Director, ITEEA

STEL Benchmark Crosswalk Matrix Development

Daniel Staab, Graduate Student, University of Maryland Eastern Shore
 Kurt Salisbury, Baylor University, Consultant
 Melissa Donham, Baylor University, Consultant
 Whitney Richardson White, North Carolina State University, Consultant
 Sarah Quallen, University of Idaho, Consultant
 Tyler Love, Penn State University, Reviewer
 Vinson Carter, University of Arkansas, Reviewer
 Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education, Reviewer
 Stephanie Holmquist-Johnson, STEM Education Consultant, Reviewer
 Matt Timmons, Baltimore Polytechnic Institute, Reviewer
 Julie Sicks-Panus, Plymouth Elementary School, Reviewer

STEL Verb Matrix Development

Tom Shown, North Carolina Department of Public Instruction, Retired
 Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University

Third Round Reviewers

Christopher Awampato, State College Area High School (PA)
 Lynn Basham, DTE, Virginia Department of Education
 Anthony Bodnar, Trinity Catholic High School (MO)
 Jairo Botero, Bogota, Columbia

Wayne Bowring, St. Mary's International School (Tokyo, Japan)
 Frank Caccavale, Roxbury High School (NJ)
 Craig Clark, DTE, West Harford, CT
 David Curry, Admiral Richard E. Byrd Middle School (VA)
 Noel Devine, Wheeler Middle/High School (CT)
 Bangping Ding, Capital Normal University (Beijing, China)
 Jason Donaldson, State College Area High School (PA)
 Keith Doucette Sr., East Greenwich High School (RI)
 Barbara Dunham, Bessemer City Middle School (AL)
 Antonios Ekatomatis, Northwest High School (MD)
 Don Fischer, North Dakota Department of Career and Technical Education
 Martin Fislake, University of Koblenz (Germany)
 Melvin Gill, Fort Meade High School (MD)
 Charles Goodwin, DTE, Endicott, NY
 Michael Hacker, DTE, Hofstra University Center for STEM Research
 Mark Harrell, Kentucky Department of Education
 William Havice, DTE, Clemson University
 William Haynie, North Carolina State University, Emeritus
 Megan Hislop, Sage Park Middle School (CT)
 John Howe, North Carolina State University
 Brandt Hutzel, Pennsylvania Department of Education
 Endogan Kaya, University of Nevada Las Vegas
 Thomas Kubicki, DTE, SUNY Oswego, Retired
 Kyle Kutz, Westlake High School (OH)
 Hyuksoo Kwon, Kongju National University (Gongju, Republic of Korea)
 Lung-Sheng Lee, Central Taiwan University of Science and Technology
 Marcos Martinez, University of Puerto Rico (San Lorenzo, Puerto Rico)
 Star Matteson, G. Ray Bodley High School (NY)
 Edward McGrath, Red Clay Consolidated School District (DE)

Nancy McIntyre, Robotics Education & Competition Foundation
 Christos Papadopoulos, Hillsborough High School (NJ)
 Nicole Penn, Kiser Middle School (NC)
 Patrick Pudlo, East Chapel Hill High School (NC)
 Matthew Putnam, Westfield High School (IN)
 Aki Rasinen, University of Jyväskylä (Finland), Emeritus
 Philip A. Reed, DTE, Old Dominion University
 Abbi Richcreek, Warsaw Community Schools (IN)
 David Rouch, DTE, Ohio Northern University
 David Sander, Wake Forest High School (NC)
 Doug Scott, Hopkinton High School (MA)
 Robin Schuberth, Olathe Design Academy (KS)
 Laura Schisler, Missouri Southern State University

Richard Seymour, Ball State University
 Harry Shealey, DTE, University of Maryland Eastern Shore
 Korbin Shoemaker, Frederick County Public Schools (MD)
 Julie Sicks-Panus, Plymouth Elementary School (NH)
 Henry Strada, Louis M. Klein Middle School, Retired
 Kevin Sutton, North Carolina State University
 Joanne Trombley, DTE, J. R. Fugett Middle School (PA)
 Robert Tufte, DTE, Cheektowaga Central School District (NY), Retired
 Ken Volk, Pawleys Island, SC, Retired
 P. John Williams, Curtin University (Perth, Australia)
 Rob Zigler, Jackson, MI

Anmerkung zur obigen DTE-Bezeichnung: Die ITEEA hat das Programm Distinguished Technology and Engineering Professional (DTE) ins Leben gerufen, um herausragende Leistungen und berufliche Erfolge in der allgemeinen technischen, technologischen und ingenieurwissenschaftlichen Literacy zu honorieren. Als eine der höchsten Auszeichnungen für berufliche Leistungen in diesem Bereich würdigt die DTE-Bezeichnung die Errungenschaften von Lehrkräften in diesem Bereich.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Arbeitsgruppe Technische Bildung
Uhlhornsweg 83
D-26111 Oldenburg
Technik-ol.de

ISBN 978-3-8142-2418-3

