

Gabriele Graube, Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack,
Ingelore Mammes, Ortwin Renn, Christian Wiesmüller

Band 7

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“



schubi

Bildung von
Anfang an

Hrsg.: Stiftung Haus der kleinen Forscher



Gabriele Graube, Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack, Ingelore Mammes,
Ortwin Renn, Christian Wiesmüller

Herausgeber: Stiftung Haus der kleinen Forscher

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Band 7

Herausgeber: Stiftung Haus der kleinen Forscher
 Verantwortlich: Dr. Janna Pahnke
 Projektleitung: Dr. Elena Harwardt-Heinecke
 Konzeption und Redaktion: Dr. Karen Bartling, Dr. Elena Harwardt-Heinecke
 Redaktionelle Mitarbeit: Henrike Barthel, Dr. Paula Döge, Antonia Franke-Wiekhorst,
 Anna-Lotta Geysse

Weitere Informationen finden Sie unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Haben Sie Fragen oder Anregungen zu diesem Band oder der wissenschaftlichen Begleitung der Stiftungsarbeit?

Wenden Sie sich an: forschung@haus-der-kleinen-forscher.de

Weitere Informationen und Studienergebnisse finden Sie auch unter www.haus-der-kleinen-forscher.de, Rubrik Wissenschaftliche Begleitung.

Haben Sie Anregungen oder Kritikpunkte zu diesem Produkt?

Dann senden Sie eine E-Mail an service@schubi.com

Autoren und Verlag freuen sich auf Ihre Rückmeldung

Sie finden uns im Internet unter:

www.schubi.com

www.bildung-von-anfang-an.de

Alle Rechte vorbehalten.

© 2015 SCHUBI Lernmedien AG
 CH-8207 Schaffhausen
service@schubi.com
www.schubi.com

1. Auflage 2015

ISBN 978-3-86723-598-3

No BV 507 81



Inhaltsverzeichnis

Informationen über die Autorinnen und Autoren	9
Vorwort	10
Geleitwort	11
<i>von Ortwin Renn</i>	
Einleitung	14
1. Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	15
2. Das „T“ in MINT - Relevanz der frühen technischen Bildung	22
3. Fachliche Fundierung des Themenbereichs „Technik“	24
Zusammenfassung zentraler Ergebnisse der Fachbeiträge	26
Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich ...	30
<i>von Walter Kosack, Maja Jeretin-Kopf und Christian Wiesmüller</i>	
Einführung	31
1. Technik und Naturwissenschaften: Gegenstandsbestimmung	33
1.1 Natur	33
1.2 Technik	34
1.3 Charakteristika der auf Natur und Technik bezogenen Wissenschaften	35
2. Theoretische Vorannahmen	38
2.1 Bildung in den Bereichen Natur und Technik	38
2.2 Rahmenmodell für unverzichtbare Grundelemente des Lernens über Technik	39
2.3 Vorannahmen über den Erwerb technischer Kompetenzen	42

3.	Didaktik des allgemeinbildenden Technikunterrichts in Deutschland	47
3.1	Unterricht über Technik in der Schule	47
4.	Bildungsstandards und curriculare Aspekte des Technikunterrichts im internationalen Vergleich	59
4.1	Bildungsstandards und curriculare Aspekte in Deutschland	60
4.2	Bildungsstandards und curriculare Aspekte des Unterrichts über Technik in anderen Ländern	70
4.3	Der Design Process als ein wichtiges gemeinsames Element aller untersuchten Curricula und Bildungsstandards	96
5.	Zieldimensionen auf Ebene der Kinder	98
5.1	Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	99
5.2	Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten	106
5.3	Kreativität	117
5.4	Technisches Wissen	123
5.5	Übergreifende Basiskompetenzen	130
6.	Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte	134
6.1	Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	134
6.2	Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten	136
6.3	Technische Kreativität	139
6.4	Technisches Wissen	140
6.5	Technikbezogenes fachdidaktisches Wissen	141
6.6	Technikbezogene Einstellungen und Überzeugungen sowie professionelle Haltung und Rollenverständnis	144
7.	Fazit und Empfehlungen	147
7.1	Priorisierung der Ziele von Technikunterricht	147
7.2	Der Design Process als wesentliche didaktische Vorgehensweise	148
7.3	Priorisierung der Zieldimensionen auf Ebene der Kinder	150
7.4	Priorisierung der Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte	153
7.5	Empfehlungen für Forschungs- und Entwicklungsstudien in der technischen Bildung	155

Technikdidaktische Medien – Einfluss verschiedener technik-didaktischer Medien auf die kindliche Motivation, problemlösendes Denken und technische Kreativität		158
<i>von Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller</i>		
1.	Theoretischer Hintergrund	159
1.1	Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	160
1.2	Technische Denk- und Handlungsweisen	162
1.3	Technische Kreativität	165
1.4	Technisches Wissen	166
1.5	Basiskompetenzen	166
1.6	Zusammenfassung	167
2.	Fragestellungen und Hypothesen	169
2.1	Fragestellungen	171
2.2	Hypothesen	174
3.	Design der Studie	177
3.1	Stichprobe	177
3.2	Materialsysteme	177
3.3	Organisatorische Rahmenbedingungen	179
3.4	Durchführung	180
3.5	Vorbereitung der Beobachter und Rater	182
3.6	Vortest	183
3.7	Zeitlicher Ablauf	183
4.	Beschreibung der Messinstrumente	184
4.1	Messinstrumente der Vorerhebung	184
4.2	Messinstrumente der Hauptuntersuchung	191
5.	Statistische Auswertung	198
5.1	Vorerhebung	198
5.2	Hauptuntersuchung	198
5.3	Wahl der statistischen Verfahren	200
6.	Ergebnisse	202
6.1	Ergebnisse der Vorerhebung	202
6.2	Ergebnisse der Hauptuntersuchung	206

6.3	Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Kontroll- und Einflussvariablen auf die Zielvariablen	231
7.	Diskussion	239
7.1.	Vorerhebung	239
7.2.	Hauptuntersuchung	240
7.3.	Fazit	247
Technikdidaktische Methoden – Einfluss verschiedener technik-didaktischer Methoden auf die kindliche Motivation und technik-spezifische Denk- und Handlungsweisen		
<i>von Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller</i>		
1.	Theoretischer Hintergrund	251
1.1	Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	252
1.2	Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten	252
1.3	Technikdidaktische Methoden	254
2.	Fragestellungen und Hypothesen	260
2.1	Fragestellungen	260
2.2	Hypothesen	261
3.	Design und Methodik	262
3.1	Stichprobe	262
3.2	Verwendetes Materialsystem	264
3.3	Kurzbeschreibung der technikdidaktischen Methoden	264
3.4	Ablauf der einzelnen Unterrichtseinheiten	265
3.5	Vorbereitung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte	266
3.6	Zeitlicher Ablauf der Durchführung	266
4.	Beschreibung der Messinstrumente	267
4.1	Erhebung manifester Merkmale	267
4.2	Erhebung latenter Merkmale	267
4.3	Gütekriterien	270
5.	Statistische Auswertung	273
5.1	Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“	273

5.2	Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“	273
5.3	Daten zum Verlauf der Durchführung	276
6.	Ergebnisse	277
6.1	Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“	277
6.2	Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“	278
6.3	Ergebnisse zum Verlauf der Durchführung	283
7.	Diskussion	284
Zusammenfassende Empfehlungen für die künftige Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“		
<i>von Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller</i>		
Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Lebenswelt – Ein didaktisches Konzept zur Unterstützung früher Bildungsprozesse		
<i>von Gabriele Graube und Ingelore Mammes</i>		
1.	Kinder in der Begegnung mit Natur und Technik	291
2.	Verknüpfung von Natur und Technik	293
2.1	Natur und Technik in der Lebenswirklichkeit	293
2.2	Disziplinentorientierung und Vernetzung in Bildungsprozessen über Natur und Technik	294
3.	Didaktisches Konzept „Natur und Technik“	296
3.1	Theoretische Vorannahmen	296
3.2	Didaktische Grundprinzipien für das Konzept „Natur und Technik“	298
3.3	Didaktisches Modell „Natur und Technik“	299
3.4	Didaktische Leitlinien für das Konzept „Natur und Technik“	299
3.5	Beispiel einer Verknüpfung „Ted in Not“	301
4.	Fazit	303

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht	304
1. Empfehlungen aus den Fachbeiträgen als Grundlage für die (Weiter-)Entwicklung der Stiftungsangebote	305
1.1 Motivation und Interesse im Umgang mit Technik	306
1.2 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten und Technische Kreativität	307
1.3 Wissen über technische Zusammenhänge	310
1.4 Fachdidaktisches Wissen und pädagogische Handlungsstrategien .	313
1.5 Einstellungen und Rollenverständnis	320
1.6 Selbstwirksamkeitserfahrung und Selbstvertrauen als Lernbegleitung	321
2. Ausblick	322
Literatur	324
Anhang	344
Anhang 1: Zieldimensionen technischer Bildung	345
Anhang 2: Konkretisierungsbeispiele zum Design Process	347
Anhang 3: Instrumente und ergänzende Tabellen	354
Anhang 4: Verlaufspläne, Fragebögen und ergänzende Tabellen . . .	388
Bildquellenverzeichnis	401
Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	402
Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	402
Bisher erschienen in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“	403

Informationen über die Autorinnen und Autoren

Graube, Gabriele, PD Dr.

Technische Universität Braunschweig, Abteilung Weiterbildung und Medien
Arbeitsschwerpunkte: Technoscience Education / Technikbildung, Technik in Grundschule und im Elementarbereich, Außerschulische Lernorte, Medienbildung, Kompetenzentwicklung und Professionalisierung
Kontakt: Bienroder Weg 97, 38106 Braunschweig, g.graube@tu-braunschweig.de

Jeretin-Kopf, Maja, Dr.

Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft; Institute of Materials and Processes (IMP)
Arbeitsschwerpunkte: Technische und naturwissenschaftliche Bildung in der Kindheit, Sprachliche Bildung im Kontext technischer und naturwissenschaftlicher Denkprozesse
Kontakt: Willi-Andreas-Allee 19, 76133 Karlsruhe, maja.jeretin-kopf@hs-karlsruhe.de

Kosack, Walter, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für Physik und Technische Bildung
Arbeitsschwerpunkte: Technische Bildung in der Kindheit
Kontakt: Bismarckstr. 10, 76133 Karlsruhe, kosack@ph-karlsruhe.de

Mammes, Ingelore, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen, Institut für Pädagogik – Schulforschung
Arbeitsschwerpunkte: Förderung des Interesses an Technik, Identitätsentwicklung von Kindern und Jugendlichen unter dem Einfluss technischer Bildung, Erforschung von Lehrerkompetenzen im Bereich technischer Bildung, Family Engineering
Kontakt: Berliner Platz 6-8, 45127 Essen, ingelore.mammes@uni-due.de

Renn, Ortwin, Prof. Dr. Dr.

Universität Stuttgart, Institut für Sozialwissenschaften, Abteilung für Umwelt- und Techniksoziologie; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Zugleich ist er Direktor des Zentrums für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS).
Arbeitsschwerpunkte: Risikoforschung, Technikfolgenabschätzung, Umweltökonomie und -soziologie, Interdisziplinäre Technikforschung sowie Wissenschafts- und Technikkommunikation.
Kontakt: Seidenstr. 36, 70174 Stuttgart, ortwin.renn@sowi.uni-stuttgart.de

Wiesmüller, Christian, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für Physik und Technische Bildung
Arbeitsschwerpunkte: Theorie allgemeiner technischer Bildung, Technikdidaktik, Ästhetische Aspekte technischer Bildung, Technische Bildung an außerschulischen Lernorten
Kontakt: Bismarckstr. 10, 76133 Karlsruhe, christian.wiesmueller@ph-karlsruhe.de



Vorwort

Der siebte Band der wissenschaftlichen Schriftenreihe zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ legt den Fokus auf die technische Bildung im Elementar- und Primarbereich. Während die vorhergehenden Bände vornehmlich Ziele und Herangehensweisen in der frühen naturwissenschaftlichen Bildung thematisierten, setzen sich die vier Beiträge in diesem Band mit Zielen und Konzepten der frühen technischen Bildung auseinander.

Die Karlsruher Expertise zu den Zieldimensionen technischer Bildung und die beiden Studien zum Einfluss technikdidaktischer Materialsysteme und Methoden auf kindliche Bildungsprozesse bilden die fachliche Fundierung für die Konzeption und den Ausbau des Stiftungsangebotes im Bereich der frühen technischen Bildung. Das im anschließenden Fachbeitrag vorgestellte didaktische Konzept soll Wege aufzeigen, wie die Ziele früher technischer Bildung umgesetzt werden können. Es dient der Unterstützung des professionellen Handelns pädagogischer Fach- und Lehrkräfte bei der Begleitung kindlicher Bildungsprozesse in der Auseinandersetzung mit Natur und Technik.

Ich danke den Autorinnen und Autoren dieses Bandes für ihre Beiträge und ihr Engagement, basierend auf den verfügbaren theoretischen und empirischen Erkenntnissen Ziele und pädagogisch-didaktische Herangehensweisen für den Bildungsbereich Technik zu formulieren und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Den Autorinnen und Autoren ist es gelungen, das spannende Feld der Technik zu erschließen und die große Bedeutung der Technik für unsere Gesellschaft herauszuarbeiten.

Des Weiteren danke ich den verantwortlichen Fachteams in der Stiftung für die Koordination des Fachdialogs zum Thema Technische Bildung in einer Reihe von Expertentreffen und Veranstaltungen – darunter eine große gemeinsame Tagung mit der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) in 2013 – und für die inhaltliche Umsetzung der Empfehlungen in die Fortbildungskonzepte und pädagogischen Materialien der Stiftung.

Den Leserinnen und Lesern danke ich für Ihr Interesse an unserer Arbeit und freue mich, wenn auch dieser Band den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis anregt und ihn um neue Perspektiven bereichert.

Michael Fritz

Vorstandsvorsitzender der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Geleitwort

von Ortwin Renn

„Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmer mehr!“ Diese Volksweisheit wird heute von den meisten Pädagoginnen und Pädagogen und von der Gehirnforschung zunehmend infrage gestellt. Wir haben inzwischen erfahren dürfen, dass Lernprozesse auch noch im hohen Alter stattfinden können und dass weniger das Alter als die soziale Umgebung dafür verantwortlich ist, ob es noch zum Lernen kommt. In jedem Alter können wir also dazulernen, aber je älter wir werden, desto geringer ist der innere wie äußere Anreiz, solche Lernprozesse freiwillig in Gang zu setzen. Und somit steckt in dieser alten Volksweisheit doch noch eine wichtige Erkenntnis: Je früher man Menschen für einen Gegenstand oder ein Thema begeistern kann, desto größer ist die Motivation und das Interesse, sich mit diesem Gegenstand auch in Zukunft befassen zu wollen. Es ist also weniger der Lernerfolg als vielmehr das Interesse an einem Lerngegenstand, das vom Alter abhängig ist. Jeder, der in der Kindheit eine Fremdsprache hat lernen müssen, erinnert sich mit Sicherheit an das lästige Vokabeln lernen. Je mehr das Erlernen der Sprache Freude bereitet hat, desto weniger mühsam erschien einem das ansonsten stupide Auswendiglernen von neuen Worten. Dies gilt im Übrigen auch für Menschen, die erst in späten Jahren versuchen, Fremdsprachen zu lernen. Je höher die Motivation, etwa weil eine neue Freundin aus Frankreich stammt, desto leichter fällt auch dem älteren Menschen das Erlernen der Fremdsprache. Dennoch ist es gerade für diese Altersgruppe schwer, die Geduld und die Zeit aufzubringen, die man für das Lernen von Vokabeln benötigt. Und vergessen werden diese auch schneller.

Von daher ist es ratsam, schon im frühen Alter Motivation und Interesse für interessante Lernprozesse und -gegenstände zu wecken. Gerade was das Interesse angeht, gibt es eine Reihe von Studien, die eine Art prägende Kraft von Lerngegenständen im frühen Kindesalter nachweisen. Vor allem dann, wenn in der sozialen Umgebung bestimmte Lerngegenstände als wenig attraktiv erscheinen (wie Mädchen es zuweilen für Technik empfinden können), wird es mit steigendem Alter auch zunehmend unwahrscheinlich, dass Menschen an diesen Gegenständen Gefallen finden, um ausreichend motiviert zu sein, darüber mehr zu erfahren.

Diese allgemeine Einsicht aus der Lernpraxis lässt sich im besonderen Maße auf das Themengebiet „Technik“ anwenden. In der frühkindlichen Bildung sowie in der primären Schulerfahrung spielt Technik in der Regel eine untergeordnete Rolle. Das Hauptaugenmerk wird entweder auf basale kognitive Fähigkeiten wie Schreiben, Rechnen und Lesen oder auf die Erkenntnis der umgebenden Natur und der gesellschaftlichen

Lebensbedingungen gelegt. Der Bereich der Technik wird zwar von klein an unmittelbar erlebt, als Lerngegenstand ist er aber kaum präsent.

Dabei eignet sich gerade die Technik als idealer Lerngegenstand. An ihr zeigt sich, wie auch die folgenden Kapitel im Einzelnen aufzeigen, eine fast einzigartige Kombination von Erkennen und Gestalten. Ohne Erkenntnis der Funktionsbedingungen von Technik kann der Zweck eines technischen Gerätes nicht umgesetzt werden. Aber mit Erkenntnis allein ist dieser Zweck auch noch nicht erfüllt. Es bedarf der gestalterischen Umsetzung des Wissens in Handeln. Gerade diese Kombination von analytischer Beobachtung, synthetischen Schließverfahren und aktiver Gestaltung der Umwelt ist für das technische Lernen konstitutiv.

Darüber hinaus ist unsere moderne Zivilisation weitgehend durch Technik geprägt. Ohne ein Grundverständnis technischer Zusammenhänge ist das Alltagsleben kaum nachvollziehbar und viele gesellschaftliche Kontroversen bleiben unverständlich. Man denke nur an die Diskussionen um Gentechnik, Kernenergie oder Implantationsdiagnostik. Vor diesem Hintergrund hat technische Bildung eine Schlüsselrolle für das Verständnis unserer modernen Kultur wie auch für die Entfaltung von analytischen und kreativen Fähigkeiten inne.

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ hat sich daher gezielt der frühen technischen Bildung verschrieben. Sie entwickelt gemeinsam mit Pädagogen, Didaktikern und Praktikern Fortbildungskonzepte und Materialien, Methoden und Praxisideen, die es den frühpädagogischen Fachkräften erlauben, die Ziele der technischen Bildung spielerisch und doch systematisch in Kindertagesstätten zu verfolgen. Seit einigen Jahren ist die Stiftung auch im Primarbereich tätig. Hier geht es vor allem darum, geeignete Angebote für Horte und Grundschulen zu entwickeln, die aufbauend auf der Neugierde der Kinder bei neuen Einsichten über technische Funktionsweisen, aber auch bei der konstruktiven Gestaltung mit technischen Hilfsmitteln unterstützen. Wesentliches Merkmal der Aktivitäten der Stiftung ist ein ganzheitliches Bildungsideal, in das Lehrerinnen und Lehrer, Erzieherinnen und Erzieher, Eltern und Kinder aktiv einbezogen werden.

Der vorliegende Sammelband vereint wissenschaftliche Auswertungen der pädagogischen und didaktischen Erfahrungen, die mit unterschiedlichen Herangehensweisen zur Vermittlung von technischen Kenntnissen, aber auch zur Verdeutlichung von Technik in Alltag und Gesellschaft verbunden sind. Dabei geht es zum einen darum, wie Motivation und Interesse auch bei den Kindern geweckt werden, die zunächst wenig oder gar kein Interesse an Technik mitbringen. Zum anderen geht es aber auch um didaktische Formen und Materialien, welche die angestrebte Kombination von kogni-

tivem Wissenserwerb über Technik und kreativer Gestaltungsmöglichkeit mit Technik am besten bewerkstelligen. Interessant ist bei den Auswertungen, das vor allem technisches Spielzeug, das eine besonders hohe Variationsmöglichkeit der Gestaltung ermöglicht, dabei hilft, beide Ziele der kognitiven Wissensvermittlung und der kreativen Handlungsführung am besten zu erfüllen. Dieses Ergebnis unterstreicht noch einmal deutlich, wie wichtig konstruktives Spielzeug für Kinder ist und wie bedeutsam Fantasie und kreatives Gestalten für den Lernerfolg sind.

Neben den kognitiven und gestalterischen Lernzielen spielt bei den Angeboten der Stiftung auch die Einbindung der Technik in gesellschaftliche und wirtschaftliche Zusammenhänge eine wichtige Rolle. Dabei geht es weniger darum, Kita- und Grundschulkindern schon früh auf besondere Chancen und Risiken technischer Entwicklungen aufmerksam zu machen, sondern vielmehr sie insgesamt in ihrer Entwicklung zu technikmündigen Bürgerinnen und Bürger zu begleiten. Perspektivisch sollen Kinder und Jugendliche darin gestärkt werden, Zusammenhänge zwischen technischer Entwicklung, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und kulturellen Lebensstilen zu erkennen und daraus für ihr Leben die richtigen Schlüsse zu ziehen. Ob es dann zu mehr oder weniger Technikakzeptanz kommt, ist dabei gar nicht der wesentliche Punkt. Vielmehr geht es darum, Menschen schon von früh an zu befähigen, die Gestaltungsprinzipien ihrer sozialen und natürlichen Umwelt, die „Grammatik“ von Natur und Technik sowie die Funktionsweisen der sie umgebenden technischen Geräte nachvollziehen zu können. Nur so werden sie lernen, die Gestaltungsmöglichkeiten für sich und für diejenigen, die ihnen nahestehen, aktiv wahrnehmen zu können. Dies setzt aber zumindest ein basales Technikverständnis voraus.

Es ist ein besonderes Verdienst der Stiftung, dass sie sich seit Jahren nicht nur mit einem Weiterbildungsprogramm für Pädagogen dafür einsetzt, Technik als Bildungsgegenstand in Kindergärten und Schulen zu etablieren, sondern auch mit einem hohen Qualitätsanspruch dafür Sorge trägt, durch kontinuierliche Evaluationen und Weiterentwicklung von Inhalten und Lehr-Lern-Methoden die Angebote für Kindergärten und Schulen laufend zu verbessern und die Ansätze nach Stand von Wissenschaft und empirischer Forschung stetig zu modifizieren bzw. neu auszurichten. Der hier vorliegende Band der wissenschaftlichen Schriftenreihe der Stiftung ist ein beredtes Zeugnis für diese selbstkritische und lernende Grundhaltung. Diese befähigt die Stiftung, bei sich verändernden Rahmenbedingungen mit ihren Angeboten auch künftig die Kindergartenkinder, aber jetzt auch zunehmend Schülerinnen und Schüler effektiv und altersgerecht anzusprechen und sie, wo immer möglich, für technische Lernprozesse zu begeistern.

Prof. Dr. Ortwin Renn
Universität Stuttgart



Einleitung

Stiftung Haus der kleinen Forscher

1. Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“
2. Das „T“ in MINT – Relevanz der frühen technischen Bildung
3. Hintergründe der Expertisen und Studien zum Themenbereich „Technik“

Einleitung

1. Überblick zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich mit einer bundesweiten Initiative für die Bildungschancen von Kindern im Kita- und Grundschulalter in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Mit einem kontinuierlichen Fortbildungsangebot und praxisnahen Arbeitsunterlagen unterstützt sie pädagogische Fach- und Lehrkräfte aus ganz Deutschland dabei, den frühen Forschergeist von Mädchen und Jungen aufzugreifen und mit ihnen Naturphänomene zu erforschen sowie mathematischen und technischen Fragestellungen nachzugehen. Die Bildungsinitiative leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Qualifizierung des frühpädagogischen Personals und zur Qualitätsentwicklung von Einrichtungen sowie zur Persönlichkeits- und Interessensentwicklung der Kinder und zur Nachwuchsförderung in den MINT¹-Bildungsbereichen.

Die Hauptaktivitäten der Stiftung sind:

- der Auf- und Ausbau tragfähiger lokaler Netzwerke unter Beteiligung von Akteuren vor Ort sowie Beratung und Service der inzwischen rund 230 Netzwerkpartner,
- die Ausbildung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren (Trainerinnen und Trainern), die vor Ort pädagogische Fach- und Lehrkräfte kontinuierlich fortbilden,
- die Entwicklung und Bereitstellung von Fortbildungskonzepten und Materialien für pädagogische Fach- und Lehrkräfte, Kinder, Eltern und alle Interessierten,
- die Unterstützung der Qualitätsentwicklung von Bildungseinrichtungen durch die Zertifizierung als „Haus der kleinen Forscher“.

Qualifizierungsinitiative für Pädagoginnen und Pädagogen

Das „Haus der kleinen Forscher“ ist bundesweit die größte Qualifizierungsinitiative für Pädagoginnen und Pädagogen im Bereich der frühen Bildung. Sie unterstützt Kitas, Horte und Grundschulen dabei, sich mit einem naturwissenschaftlichen, mathematischen und/oder technischen Schwerpunkt insgesamt weiterzuentwickeln und förderli-

¹ MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik

che Entwicklungs- und Lernumgebungen für Kinder zu bieten. Die Stiftung fördert mit ihren Aktivitäten auch die Umsetzung vorhandener Bildungspläne der jeweiligen Bundesländer in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik.

Der pädagogische Ansatz der Stiftung setzt an den Ressourcen der Kinder an und betont das gemeinsame forschende Lernen im dialogischen Austausch (Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, 2013a, 2015e). Beim Forschen können Kinder Problemlösekompetenzen entwickeln, eigene Antworten finden und Selbstvertrauen spüren („Ich kann!“) – Erfahrungen und Fähigkeiten, die weit über die frühe Kindheit hinaus für die Persönlichkeitsentwicklung und die spätere Bildungs- und Berufsbiographie von Bedeutung sind.

Die inhaltlichen Angebote der Stiftung umfassen neben den Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen auch pädagogische Materialien, einen jährlichen Aktionstag sowie Anregungen für Kooperationen:

- **Arbeitsunterlagen:** Für die praktische Umsetzung in den pädagogischen Einrichtungen stellt die Stiftung kostenlos Arbeitsunterlagen zur Verfügung, z. B. Themenbroschüren, Forschungs- und Entdeckungskarten, didaktische Materialien und Filmbeispiele.
- **Internetpräsenz:** Die Website www.haus-der-kleinen-forscher.de bietet Informationen für alle Interessierten.
- **Zeitschrift „Forscht mit!“:** Pädagogische Fachkräfte erhalten praktische Tipps zum Forschen in der Einrichtung, Informationen zur Arbeit der Stiftung sowie Best-Practice-Berichte aus anderen Einrichtungen und Netzwerken.
- **„Tag der kleinen Forscher“:** An diesem bundesweiten Mitmachtag können Mädchen und Jungen in ganz Deutschland ein aktuelles Forschungsthema erkunden. Dazu stellt die Stiftung den pädagogischen Einrichtungen Material bereit und ruft Unterstützer aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zum Engagement auf.
- **Anregungen zur Kooperation:** Interessierte Eltern, Patinnen und Paten sowie andere Bildungspartner unterstützen das gemeinsame Entdecken und Forschen in den Einrichtungen.
- **Zertifizierung:** Engagierte Einrichtungen werden anhand festgelegter Bewertungskriterien als „Haus der kleinen Forscher“ zertifiziert. Alle sich bewerbenden Einrichtungen erhalten eine detaillierte Rückmeldung mit Anregungen für die weitere Entwicklung des gemeinsamen Entdeckens und Forschens mit den Kindern.

Bundesweite Vernetzung

Das „Haus der kleinen Forscher“ lebt als bundesweite Bildungsinitiative vom Engagement vielfältiger Akteure vor Ort – den lokalen Netzwerken, die als dauerhafte Partner und Fortbildungsanbieter in den Regionen agieren. Zu den 230 Netzwerkpartnern zählen Kommunen und Kita-Träger, Wirtschaftsverbände, Science-Center, Museen, Unternehmen, Stiftungen, Vereine usw.

Derzeit (Stand 30. September 2015) haben 230 lokale Netzwerkpartner der Bildungsinitiative bundesweit bereits mehr als 26 500 Kitas, Horte und Grundschulen mit ihren Strukturen und Angeboten erreicht. Seit 2011 steht das Fortbildungsprogramm der Initiative auch Horten und Ganztagsgrundschulen offen.

Pädagogische Fach- und Lehrkräfte aus über 24 600 Kitas, Horte und Grundschulen haben bereits am Fortbildungsprogramm der Initiative teilgenommen, davon pädagogische Fachkräfte aus mehr als 20 600 Kitas sowie Fach- und Lehrkräfte aus rund 1 100 Horten und mehr als 2900 (Ganztags-)Grundschulen.

Deutschlandweit sind rund 4 400 Kitas, Horte und Grundschulen als „Haus der kleinen Forscher“ zertifiziert, darunter rund 4 100 Kitas. Seit Herbst 2013 können sich auch Horte und Grundschulen zertifizieren lassen. Über 100 Horte und 93 Grundschulen haben bereits das Zertifikat „Haus der kleinen Forscher“.

Das kontinuierliche Fortbildungsprogramm

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ konzentriert sich vor allem auf die Weiterqualifizierung von Pädagoginnen und Pädagogen für das Entdecken und Erforschen naturwissenschaftlicher, mathematischer und/oder technischer Themen mit Kindern. Das Ziel ist eine kontinuierliche Begleitung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte: Die Teilnahme an Fortbildungen zu unterschiedlichen Themen erweitert sukzessive das methodische Repertoire und vertieft das Verständnis des pädagogischen Ansatzes der Stiftung. Im Wechsel von Präsenzfortbildung und Transferphasen können die Pädagoginnen und Pädagogen das Gelernte in der Praxis ausprobieren und sich dazu in der nächsten Fortbildung austauschen.

Um möglichst vielen interessierten pädagogischen Fach- und Lehrkräften die Teilnahme an Fortbildungen zu ermöglichen, findet die Weiterqualifizierung über ein Multi-

plikatorenmodell statt: Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ bildet an mehreren Standorten in Deutschland Trainerinnen und Trainer aus, die ihrerseits Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen in ihrem lokalen Netzwerk durchführen. Die Trainerinnen und Trainer besuchen die Präsenzfortbildungen der Stiftung und qualifizieren sich somit dafür, Fortbildungen für Pädagoginnen und Pädagogen zu leiten. Als Unterstützung erhalten sie ausführliche Arbeitsunterlagen für ihre Aufgabe in der Erwachsenenbildung sowie persönliches Feedback im Hospitationsprogramm der Stiftung. Seit September 2013 steht für die Auffrischung und Vertiefung der Fortbildungsinhalte auch der Online-Campus für Trainerinnen und Trainer zur Verfügung. Diese virtuelle Plattform bietet sowohl allgemeine Informationen zur Bildungsinitiative als auch inhaltliche Informationen und Arbeitsunterlagen zu den einzelnen Fortbildungsmodulen. Zu bestimmten Themen gibt es die Möglichkeit, eigenständig offene E-Learning-Module zu bearbeiten, an tutoriell begleiteten Kursen teilzunehmen sowie die Online-Begleitkurse zu Präsenzfortbildungen zu nutzen. Darüber hinaus können die Trainerinnen und Trainer in Themenforen oder offenen Chats miteinander in Kontakt treten und sich austauschen.

Sowohl für die Trainerinnen und Trainer als auch für die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte werden in der Bildungsinitiative jedes Jahr unterschiedliche Fortbildungsthemen angeboten. Neue Trainerinnen und Trainer bzw. erstmals teilnehmende Pädagoginnen und Pädagogen besuchen zunächst die Fortbildungen „Forschen mit Wasser“ (Workshop 1) und „Forschen mit Luft“ (Workshop 2), in denen der pädagogische Ansatz der Stiftung für das gemeinsame Forschen mit Kindern ausführlich thematisiert wird. Im Anschluss daran können sie an Workshops zu weiteren naturwissenschaftlichen, mathematischen oder technischen Themen teilnehmen. Insgesamt werden derzeit neun Themen angeboten, die innerhalb eines Zyklus von etwa vier Jahren durchlaufen werden. Im Jahr 2015 stehen für die Trainerinnen und Trainer neben den beiden Basisfortbildungen beispielsweise noch die Workshops „Forschen zu Strom und Energie“ und „Forschen mit Sprudelgas“ bereit. Zum Start des Schuljahres 2015/16 werden Fortbildungen zu den Themen „Licht, Farben, Sehen – Optik entdecken“ und „Technik – Kräfte und Wirkungen“ angeboten. Ab dem Schuljahr 2016/2017 kommen die Themen „Zahlen, zählen, rechnen – Mathematik entdecken“ und „Forschen rund um den Körper“ hinzu.

Wissenschaftliche Begleitung und Qualitätsentwicklung

Alle Aktivitäten der Bildungsinitiative werden kontinuierlich wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ pflegt einen offenen Austausch mit Wissenschaft und Fachpraxis und versteht sich als lernende Organisation.

Ein umfangreiches Spektrum an Maßnahmen dient der Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität im „Haus der kleinen Forscher“ (siehe Abbildung 1). Das stiftungseigene Qualitätsmanagement überprüft fortlaufend die verschiedenen Stiftungsangebote wie beispielsweise die Fortbildungen für Trainerinnen und Trainer sowie für pädagogische Fach- und Lehrkräfte. Ein wichtiger Bestandteil des regelmäßigen Monitorings ist die jährliche Frühjahrsbefragung, die im Februar 2015 bereits zum siebten Mal stattfand und die Erwartungen und Bedürfnisse der verschiedenen Akteursgruppen der Bildungsinitiative erfasst: der Netzwerkpartner, der Trainerinnen und Trainer sowie der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte. Die zentralen Ergebnisse der Befragungen werden in den regelmäßigen Monitoring-Berichten (vgl. Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2014b) veröffentlicht.

Im Rahmen der inhaltlichen (Weiter-)Entwicklung werden neue Stiftungsangebote auch stets in der Praxis getestet. In Zusammenarbeit mit einer Gruppe pädagogischer Fach- und Lehrkräfte sowohl aus Kitas als auch aus Horten und Grundschulen findet für jedes neue Modul eine ausführliche Pilotierung statt, bevor die Fortbildungskonzepte und Materialien in den regionalen Netzwerken verbreitet werden. Dabei prüfen die mitwirkenden pädagogischen Fach- und Lehrkräfte erste Praxisideen auf ihre Umsetzbarkeit und geben ein Feedback zu den Unterstützungsangeboten der Stiftung. Die Fortbildungskonzepte werden gemeinsam mit pädagogischen Fach- und Lehrkräften erprobt und auf Basis der Rückmeldungen weiterentwickelt.

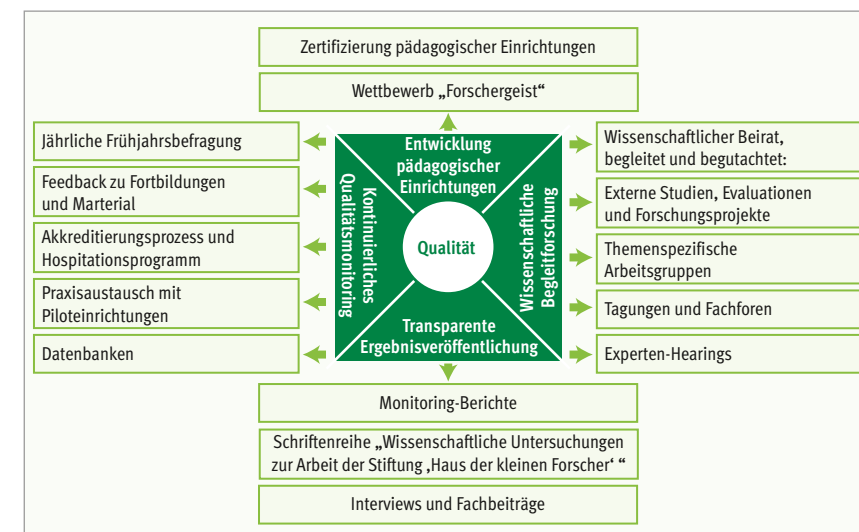


Abbildung 1. Übersicht der Maßnahmen zur Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität der Stiftungsangebote

Ein weiteres wichtiges Instrument der Qualitätsentwicklung ist die Zertifizierung von Einrichtungen als „Haus der kleinen Forscher“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013c). Über die Vergabe der Zertifizierung entscheidet die Stiftung in einem standardisierten Verfahren, das in Anlehnung an das Deutsche Kindergarten Gütesiegel und unter Beteiligung eines Teams aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern² entwickelt wurde. Die Reliabilität und Validität des Zertifizierungsverfahrens für Kitas wurde in einer externen wissenschaftlichen Studie bestätigt (Anders & Ballaschk, 2014).

Neben einem kontinuierlichen Monitoring zu Zwecken der Qualitätssicherung und der Qualitätsentwicklung wird die Stiftungsarbeit im Rahmen einer langfristig angelegten externen Begleitforschung mit renommierten Partnern fachlich fundiert und in unabhängig durchgeführten Forschungsprojekten untersucht. Zwei auf drei Jahre angelegte interdisziplinäre Studien (2013-2016) untersuchen derzeit die Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildung auf Ebene der pädagogischen Fachkräfte und auf Ebene der Kinder. Ziel des ersten Forschungsprojekts EASI Science (Early Steps Into Science, gefördert von der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung) ist es, Erkenntnisse über die Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildung in der Kita zu gewinnen. Das zweite Forschungsprojekt EASI Science-L (Early Steps Into Science and Literacy, gefördert von der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, der Baden-Württemberg Stiftung und der Siemens Stiftung) untersucht sprachliche Bildungswirkungen und die Interaktionsqualität im Kontext naturwissenschaftlicher Bildungsangebote. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung veröffentlicht die Stiftung transparent, die Publikationen sind über ihre Website verfügbar³.

Ein Wissenschaftlicher Beirat berät die Stiftung zu Forschungsfragen sowie zur fachlichen Fundierung des Stiftungsangebots. Er setzt sich aus unabhängigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterschiedlicher Professionen zusammen und spricht Empfehlungen an den Vorstand und den Stiftungsrat aus. Die Mitglieder des Beirats sind hochkarätige Expertinnen und Experten relevanter Disziplinen:

- Vorsitz: Prof. Dr. Hans-Günther Roßbach, Universität Bamberg und Leibniz-Institut für Bildungsverläufe e.V. (LifBi)
- Prof. Dr. Fabienne Becker-Stoll, Staatsinstitut für Frühpädagogik (IFP), München

² Prof. Dr. Yvonne Anders, Dr. Christa Preissing, Prof. Dr. Ursula Rabe-Kleberg, Prof. Dr. Jörg Ramseger, Prof. Dr. Wolfgang Tietze

³ Alle Ergebnisse und Publikationen zur wissenschaftlichen Begleitung sind als PDF verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de, Rubrik „Wissenschaftliche Begleitung“. Alle Ergebnisse der externen Begleitforschung werden zudem in der vorliegenden wissenschaftlichen Schriftenreihe veröffentlicht. Eine Übersicht der bisher erschienenen Bände befindet sich auf www.haus-der-kleinen-forscher.de.

- Prof. Dr. Marcus Hasselhorn, Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF), Frankfurt
- Prof. Dr. Bernhard Kalicki, Deutsches Jugendinstitut e. V. (DJI), München, und Evangelische Hochschule Dresden
- Prof. Dr. Alexander Kauertz, Universität Koblenz-Landau
- Prof. Dr. Kornelia Möller, Universität Münster
- Prof. Dr. Jörg Ramseger, Freie Universität Berlin
- Prof. Dr. Dr. Ortwin Renn, Universität Stuttgart und acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Prof. Dr. C. Katharina Spieß/ Pia S. Schober, Ph. D., Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin und Freie Universität Berlin
- Prof. Dr. Wolfgang Tietze, PädQUIS gGmbH, An-Institut der Alice-Salomon-Hochschule, Berlin
- Prof. Dr. Christian Wiesmüller, Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB)
- Prof. Dr. Bernd Wollring, Universität Kassel

2. Das „T“ in MINT – Relevanz der frühen technischen Bildung

Kinder machen von Anfang an erste Erfahrungen mit Technik. Sie fahren Fahrrad, Auto, Bus und Bahn. Sie erleben, dass Wasser aus der Leitung, warmes Essen aus dem Backofen und kaltes Essen aus dem Kühlschrank kommt. Sie lernen, dass Mama und Papa regelmäßig auf einen Bildschirm schauen oder in ein Gerät am Ohr hineinsprechen. Schon früh bemerken Kinder, dass Technik ein wichtiger Aspekt unseres Lebens ist und sie sind kaum davon abzuhalten, Knöpfe von Fernbedienungen zu drücken, Kabel herauszuziehen, das Licht an- und auszuschalten oder das Handy zu untersuchen. Ein natürliches Interesse an Technik scheint von Beginn an gegeben (vgl. Fthenakis, Wendell, Daut, Eitel & Schmitt, 2009).

Der Erwerb technikbezogener Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sind in einer hochtechnisierten Umgebung für die Orientierung im Alltag wie für eine gesellschaftliche Teilhabe von großer Bedeutung. Das Ziel der technischen Allgemeinbildung ist es daher, technisch gebildete Laien hervorzubringen, die Technik im Alltag nutzen, mit ihr umgehen und sie bewerten können. Ein technisch mündiger Bürger sollte weder Berührungängste gegenüber Technik haben, noch von unkritischer Technikgläubigkeit geprägt sein.

Der Verein Deutscher Ingenieure weist in einem 2012 erschienenen Positionspapier zur technischen Allgemeinbildung darauf hin, dass sich „Kinder in Deutschland [...] zunächst grundsätzlich für Natur und Technik interessieren. Doch ihr Interesse sinkt häufig beim Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich. Jugendliche haben nur noch ein schwach ausgeprägtes Interesse an Technik und Technologien. Viele interessieren sich lediglich für die Nutzung bestimmter technischer Alltagsprodukte (z.B. Medien zur Unterhaltung und zur Kommunikation), nicht jedoch dafür, wie diese Produkte entwickelt und hergestellt werden. Aus der Forschung ist bekannt, dass Interessen sich nur langfristig und durch positiv bedeutsame Erfahrungen bilden. Bildungseinrichtungen haben die Aufgabe, solche Erfahrungen zu ermöglichen und damit einen wichtigen Beitrag zur Interessenentwicklung zu leisten. Studien zeigen, dass guter Unterricht über Technik in der Schule das Technikinteresse erhöhen kann und somit einen wichtigen Beitrag zur Techniksozialisation leistet“ (Verein Deutscher Ingenieure, 2012, S. 4).

Die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Renn et al., 2012) betont, dass das zentrale Ziel früher MINT-Bildung die „Vermittlung einer fundierten MINT-

Kompetenz zum Verständnis der elementaren Vorgänge in Natur und Technik und zur Bewertung der sozialen, wirtschaftlichen und kulturellen Folgen von wissenschaftlichen Erkenntnissen und technischen Innovationen (*Wissenschafts- und Technikmündigkeit*; im englischen Sprachraum: scientific and technical literacy) [ist]. Dieser Bildungsauftrag zielt darauf ab, Kinder und Jugendliche mit ihrer wissenschaftlich-technisch geprägten Umwelt vertraut zu machen und sie zu befähigen, gesellschaftliche Zusammenhänge und Folgen sowie Chancen, Risiken und mögliche gesellschaftliche Veränderungen kompetent beurteilen zu können“ (Renn et al., 2012, S. 9).

Die Bildungsinitiative „Haus der kleinen Forscher“ setzt an diesen Herausforderungen an und möchte über die Fort- und Weiterbildung pädagogischer Fach- und Lehrkräfte in Kitas, Horten und Grundschulen die Bildungschancen von Mädchen und Jungen in den MINT-Bereichen stärken. Das inhaltliche Angebot der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ fokussierte dabei zunächst auf das „N“ – also den Themenbereich „Naturwissenschaften“. Mit dem Ausbau der Angebote für Kinder im Grundschulalter und deren Fach- und Lehrkräfte hat sich die Stiftung 2011/12 zum ersten Mal näher mit dem Bildungsbereich „Technik“ befasst und das Fortbildungsmodul „Bauen und Konstruieren“ mit zugehörigen pädagogischen Materialien entwickelt (Themenbroschüre „Technik – Bauen und Konstruieren. Hintergründe und Praxisideen für die Umsetzung in Hort und Grundschule“, Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, 2012a; Entdeckungskarten-Set für Kinder im Grundschulalter „Bauen und Konstruieren“, Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, 2012b)

Der Themenbereich „Technik“ wird im Stiftungsangebot stetig weiter ausgebaut und soll auch Angebote für den Kita-Bereich umfassen. Um dem hohen Qualitätsanspruch der Stiftung gerecht zu werden, wird die inhaltliche (Weiter-)Entwicklung auch in diesem Themenbereich wissenschaftlich begleitet und fachlich fundiert. Seit 2010 steht die Stiftung daher im engen Austausch mit Fachexperten der technischen Bildung, die die Themenentwicklung in Fachforen, Forschungsprojekten und Expertentreffen kritisch begleiten und beraten.

3. Fachliche Fundierung des Themenbereichs „Technik“

Im Rahmen der fachlichen Fundierung des Themenschwerpunkts Technik organisierte die Stiftung im Frühling 2010 ein erstes Fachforum, auf dem sich Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis zum „State of the Art“ der frühen technischen Bildung austauschten. Ein Hauptergebnis dieses Treffens war, dass es in diesem Bildungsbereich bisher kaum fachfundierte oder gar erprobte Konzepte und Bildungsansätze für den Primar- oder gar Elementarbereich gab. Die Stiftung rief daher im Jahr 2011 ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur frühen technischen Bildung in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe ins Leben. Ziel des Kooperationsvorhabens war es, die technische Bildung für Kinder im Grundschulalter weiter zu entwickeln, sowie Materialien, Zugangsobjekte und Fortbildungskonzepte zu erstellen und zu erproben. Das Projekt wurde von der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ gefördert und von LPE Technische Medien GmbH durch die Bereitstellung von Lernmaterialien für die an der Studie teilnehmenden Einrichtungen unterstützt.

Das Vorhaben beinhaltete eine Expertise zu den Zielen früher technischer Bildung sowie zwei empirische Studien. Die in der Expertise formulierten Zieldimensionen spezifizieren, welche Ziele bei Kindern aber auch pädagogischen Fach- und Lehrkräften im Rahmen einer Technikbildung angestrebt werden sollen. Zudem stellen sie operationalisierbare Zielkriterien für die Messung von technischen Bildungswirkungen bei

Kindern und pädagogischen Fach- und Lehrkräften dar. Ziel der beiden empirischen Studien war es, die Vor- und Nachteile verschiedener Materialsysteme im Hinblick auf die Umsetzung und Zielerreichung zu erkunden, sowie unterschiedliche technikdidaktische Methoden zu erproben. Welche Methoden aber auch Materialien eignen sich, um die kindliche Motivation und Kreativität in Bezug auf Technik anzuregen? Was macht den Kindern besonders viel Spaß? Was verstärkt ihr Selbstvertrauen im Umgang mit Technik? Welche Methoden sind für pädagogische Fach- und Lehrkräfte im Elementar- und Primarbereich besonders



geeignet? Die Ergebnisse der Studien bildeten eine wichtige Grundlage für die inhaltliche Entwicklung des Stiftungsangebots in diesem Themenbereich.

Im Frühling 2012 fand ein zweites Fachforum zur technischen Bildung statt, auf dem erste Zwischenergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsprojekts im Expertenkreis diskutiert wurden. Gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGfTB) veranstaltete die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ im September 2013 eine große Tagung „Technische Bildung von Anfang an“. Hier präsentierten Prof. Dr. Walter Kosack, Prof. Dr. Christian Wiesmüller und Dr. Maja Jeretin-Kopf von der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe die Ergebnisse des Technikprojekts und diskutierten diese mit Fachszene und Praxisvertretern (vgl. DGfTB, 2014). Die auf der Tagung vorgestellten Pläne der Stiftung für Technik-Fortbildungsformate, die den kindlichen Alltagsbezug, das selbstständige Handeln und eine Verknüpfung mit naturwissenschaftlichen Themen hervorheben, stießen auf Zuspruch im Plenum, insbesondere auch aus Sicht der anwesenden pädagogischen Fach- und Lehrkräfte.

Im Oktober 2014 wurden die Ziele und das mehrperspektivische Konzept technischer Bildung dem Forschungslenkungskreis der Stiftung vorgestellt und von den Mitgliedern des Kreises befürwortet. Im März 2015 erhielt der neu konstituierte Wissenschaftliche Beirat der Stiftung einen Überblick über den Prozess der fachlichen Fundierung und die künftig geplanten Module im Bereich „Technik“. Die Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats begrüßten den Ansatz und gaben einige Empfehlungen zur weiteren Umsetzung im Themenbereich „Technik“. Die inhaltliche Weiterentwicklung der Stiftungsangebote zur frühen technischen Bildung wird auch künftig vom Beirat und durch den vertiefenden Austausch mit Fachexperten wissenschaftlich begleitet.

Im vorliegenden Band werden die zentralen Ergebnisse dieses Prozesses zur fachlichen Fundierung der frühen technischen Bildung veröffentlicht. Die Beiträge stellen Ziele und Konzepte für eine gelingende technische Bildung im Elementar- und Primarbereich in den Fokus und bilden das Fundament für die inhaltliche Entwicklung des Stiftungsangebots zum Themenbereich „Technik“.



Zusammenfassung zentraler Ergebnisse der Fachbeiträge

Zusammenfassung zentraler Ergebnisse der Fachbeiträge

Der siebte Band der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ stellt den Bildungsbereich „Technik“ in den Fokus und beinhaltet die Ergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsprojekts mit der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Ziel des Kooperationsvorhabens war es, die fachliche Fundierung der frühen technischen Bildung für Kinder (Schwerpunkt: Grundschulalter) weiterzuentwickeln und so das „T“ in MINT zu stärken. Neben der Erarbeitung von Empfehlungen für Zieldimensionen technischer Bildung für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte wurden in zwei empirischen Studien verschiedene Materialien, Zugangsobjekte und technikdidaktische Methoden im Bereich früher technischer Bildung erprobt.

Im ersten Beitrag „Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ spezifizieren Walter Kosack, Maja Jeretin-Kopf und Christian Wiesmüller pädagogisch-inhaltliche Zieldimensionen für die frühe technische Bildung. Die fachspezifischen Zieldimensionen leiten sich aus dem aktuellen theoretischen und empirischen nationalen und internationalen Forschungsstand ab. Die Autoren priorisieren Zielbereiche für Kinder und für pädagogische Fach- und Lehrkräfte, und erörtern existierende Messinstrumente bzw. die Notwendigkeit der Instrumentenentwicklung für die Erfassung der definierten Zielbereiche.

Auf Ebene der Kinder und ihrer Entwicklung empfehlen die Autoren folgende Zielbereiche:

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik
- Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten
- Technische Kreativität
- Technisches Wissen

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte sind folgende Zieldimensionen priorisiert:

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik
- Technisches Wissen
- Fachdidaktisches Wissen

Der zweite und dritte Beitrag des Bandes beinhaltet die Abschlussberichte der beiden empirischen Studien der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe zum Einfluss technikdidaktischer Materialsysteme und Methoden auf kindliche Bildungsprozesse. In der Studie „Technikdidaktische Medien– Einfluss verschiedener technikdidaktischer Materialsysteme auf die kindliche Motivation, problemlösendes Denken und technische Kreativität“ untersuchten Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller den Einfluss vier verschiedener technischer Materialsysteme (Baumarktmaterialien und technische Alltagsgeräte; Legotechnik; Fischertechnik; Universelles Mediensystem für den Technikunterricht, UMT) auf kindliche Motivations- und Bildungsprozesse. Die Ergebnisse zeigen, dass Materialsysteme wie Baumarktmaterialien oder UMT, die möglichst wenig vordefinierte Lösungen vorsehen, sich besonders positiv auf Problemlösekompetenzen, Aspekte des kreativen Verhaltens (wie Ausdauer und Zielstrebigkeit) sowie die Motivation der Kinder auswirken. Materialsysteme wie UMT, welche ein hohes Maß an Selbstständigkeit der Kinder und eine leichte und sichere Bedienbarkeit gewährleisten, eignen sich besonders gut für die pädagogische Lernbegleitung, um Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit Technik zu unterstützen.

Der Einsatz von Baumarktmaterialien und technischen Alltagsgeräten setzt dabei sachkundige Fach- und Lehrkräfte voraus, die neben technischem Fachwissen auch über handwerkliches Geschick verfügen und verwendete Materialien hinsichtlich ihrer Unbedenklichkeit bei der Bearbeitung beurteilen können. Für pädagogische Fach- und Lehrkräfte, die über wenig Erfahrung im Umgang mit Materialsystemen und über wenig technische Vorbildung verfügen, zeigten sich Umsetzungsvorteile im pädagogischen Einsatz der UMT-Materialien, da das System mit seinen Vorrichtungen recht leicht bedienbar ist, die Funktionalität der hergestellten Objekte begünstigt und Sicherheitsanforderungen an das Materialsystem gewährleistet sind.

In der Studie „Technikdidaktische Methoden – Einfluss verschiedener technikdidaktischer Methoden auf die kindliche Motivation sowie technikspezifische Denk- und Handlungsweisen“ untersuchten Jeretin-Kopf, Kosack und Wiesmüller den Einfluss verschiedener technikdidaktischer Methoden (Fertigen nach Plan, technisches Experimentieren und freies Konstruieren) auf die kindliche Motivation sowie auf technikspezifische Denk- und Handlungsweisen. Das verwendete Materialsystem (UMT) blieb über die Methoden hinweg konstant.

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die Bedeutsamkeit aller drei technikdidaktischer Methoden. Sowohl „Fertigen nach Plan“, „Technisches Experimentieren“ als auch „Freies Konstruieren und Fertigen“ erwiesen sich für die Primarstufe als ge-

eignet für die Förderung der motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit technischen Sachverhalten. Da die verschiedenen Methoden zudem jeweils unterschiedliche technische Denk- und Handlungsweisen bei den Kindern ansprechen, sollten pädagogische Fach- und Lehrkräfte keine der Methoden präferieren, sondern vielmehr auf einen ausgewogenen Einsatz aller drei Methoden achten.

Der vierte Fachbeitrag thematisiert die didaktische Begleitung kindlicher Bildungsprozesse in Bezug auf Natur und Technik. Gabriele Graube und Ingelore Mammes stellen in ihrem Beitrag „Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Umwelt“ ein didaktisches Konzept zur Unterstützung pädagogischer Fach- und Lehrkräfte in der Begleitung früher naturwissenschaftlicher und technischer Bildungsprozesse vor. Dabei zeigen sie zunächst, wie die Themenfelder „Natur“ und „Technik“ miteinander verknüpft sind, wo sie sich aber auch voneinander abgrenzen. Die beiden Autorinnen haben ein didaktisches Konzept entwickelt, das die drei Denk- und Handlungsweisen Konstruktion (Erfinden), Rekonstruktion (Entdecken) und Dekonstruktion (Reflexion) in die Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen einordnet. Zudem nutzen sie zwei didaktische Leitlinien, die zum einen naturwissenschaftliche Denk- und Vorgehensweisen (Forschen) und zum anderen technische Denk- und Handlungsabläufe (Entwickeln) widerspiegeln. Hierbei geht es darum, Kindern Kenntnisse und Fertigkeiten aus den Natur- und Technikwissenschaften zugänglich zu machen und das interdisziplinäre Problemlösen ins Zentrum der Bildungsprozesse zu stellen.

Das Fazitkapitel dieses Bandes beschreibt die Umsetzung der Fachempfehlungen in den inhaltlichen Angeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und gibt einen Ausblick auf die weitere Themenentwicklung im Bereich früher technischer Bildung.



Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich

Walter Kosack, Maja Jeretin-Kopf und Christian Wiesmüller

Einführung

1. Technik und Naturwissenschaften: Gegenstandsbestimmung
2. Theoretische Vorannahmen
3. Didaktik des allgemeinbildenden Technikunterrichts in Deutschland
4. Bildungsstandards und curriculare Aspekte des Technikunterrichts im internationalen Vergleich
5. Zieldimensionen auf Ebene der Kinder
6. Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte
7. Fazit und Empfehlungen

Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich

Walter Kosack, Maja Jeretin-kopf und Cristian Wiesmüller

Einführung

Wenn Bildung die Erschließung der Welt, in der wir leben, leisten soll, und wenn sie dazu befähigen soll, am Prozess der Veränderung der Welt verantwortungsbewusst und kompetent teilzunehmen, so muss sie eine angemessene Auseinandersetzung mit der technischen Wirklichkeit beinhalten. Die Aufgabe öffentlicher Bildungseinrichtungen wie Schulen, Kindertagesstätten und Horten besteht unter anderem darin, die naturwüchsig ablaufenden Bildungsschritte junger Menschen zu unterstützen und zu lenken. Man kann daher erwarten, dass Technik in den öffentlichen Bildungseinrichtungen eine bedeutende Rolle spielt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Technikunterricht ist nicht angemessen in allen Schularten vertreten (vgl. Kap. 3).

Die aktuelle gesellschaftliche Situation, nämlich der Mangel an Nachwuchs im gewerblich-technischen Bereich, macht auf die bestehenden Defizite aufmerksam, dabei ist die Berufswahl nur ein kleiner Aspekt der unbefriedigenden Gesamtsituation bezüglich technischer Allgemeinbildung. Eine Reform des öffentlichen Bildungswesens, die dem Mangel an technischer Bildung Abhilfe schaffen könnte, scheitert seit vielen Jahren an der kultusbürokratischen Wirklichkeit und an politischen Zielvorstellungen. Mitverantwortlich dürften auch tradierte Auffassungen von Allgemeinbildung sein. Sachs hat dies am Beispiel der „humanistischen“ Interpretation Humboldt'scher Vorstellungen von Allgemeinbildung dargelegt (Sachs, 1979a). Die allgemeine Distanz und Skepsis (Schütte & Gonon, 2004, S. 998) der Pädagogik in Deutschland gegenüber der Technik als Bildungsgegenstand wird allerdings neuerdings überdacht (Benner & Oelkers, 2004, Stichwort Technik und technische Bildung). Es bedurfte offensichtlich nicht-staatlicher Einrichtungen wie der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, die Technische Bildung als drängende Aufgabe ernst zu nehmen.

Das Ziel der vorliegenden Expertise ist es, Zieldimensionen im Bereich der technischen Bildung zu beschreiben und Empfehlungen an die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ für die (Weiter-) Entwicklung technischer Themen und deren wissenschaftlicher Begleitung auszusprechen. Die Expertise soll die inhaltliche Ausweitung der

Stiftungsarbeit im Bereich Technik wissenschaftlich fundieren und begleiten, indem sie den Stand der Technikdidaktik in Deutschland und in ausgewählten Ländern aufarbeitet und Zieldimensionen früher technischer Bildung auf Ebene der Kinder und auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte empfiehlt. Dadurch sollen der aktuelle Stand und die angestrebten Fortschritte in Bezug auf technische Bildung transparent und überprüfbar gemacht werden.

Dabei kann die Expertise auf Arbeiten im naturwissenschaftlichen Tätigkeitsfeld zurückgreifen. Stand und Verlauf der Begleitstudien zur Stiftungsarbeit im naturwissenschaftlichen Bereich wurden in den Bänden der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ publiziert. Von besonderer Bedeutung sind hier die Expertisen von Anders, Hardy, Pauen und Steffensky (2013a) - im Folgenden Kita-Expertise genannt - und von Anders, Hardy, Sodian und Steffensky (2013b) - im Folgenden Grundschulexpertise genannt -, welche die Bedeutung klarer Zieldimensionen hervorheben und sie für den Bildungsbe- reich der Naturwissenschaften einzeln beschreiben.

Die vorliegende Expertise zu technischer Bildung greift Elemente der Expertisen von Anders et al. (2013a, b) auf, differenziert und ergänzt sie im Blick auf die andersartige Aufgabenstellung. Für die Altersstufe der sechs- bis zehnjährigen Kinder liegen umfangreiche fachdidaktische Erkenntnisse über schulisches Lernen bereits vor, was seinen Niederschlag in der Beschreibung von Bildungsstandards, Kompetenzbeschreibungen und gelegentlich Kompetenzniveaus sowie ihrer Messung findet.

Nach einer Gegenstandsbestimmung von Walter Kosack und Christian Wiesmüller zu den Bereichen Technik und Naturwissenschaften (Kapitel 1.) und der Darstellung theoretischer Vorannahmen (Kapitel 2) folgt eine Aufarbeitung des didaktischen Forschungsstandes in der Domäne Technische Bildung (Kapitel 3 und 4) sowie die Beschreibung technikbezogener Zieldimensionen auf Ebene der Kinder (Kapitel 5) und auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte (Kapitel 6).

Die Expertise schließt mit der Priorisierung von Zielbereichen und Empfehlungen für Forschungs- und Entwicklungsstudien in der technischen Bildung (Kapitel 7).

Zum Entstehen dieser Expertise haben Martin Binder (Pädagogische Hochschule Weingarten), Prof. Dr. Ingelore Mammes (Universität Duisburg-Essen) sowie Prof. Dr. Wilfried Schlagenhaut (Pädagogische Hochschule Freiburg) beratend beigetragen. Für ihre kritischen und konstruktiven Anmerkungen danken ihnen die Autoren herzlich.

1. Technik und Naturwissenschaften: Gegenstandsbestimmung

Der weitverbreitete Ausdruck „naturwissenschaftlich-technisch“ legt nahe, dass Natur bzw. Naturwissenschaften und Technik bzw. Technikwissenschaften in einer so engen Beziehung zueinander stehen, dass eine Unterscheidung beider Bereiche nicht notwendig oder möglicherweise sogar wegen der engen Verflechtung gar nicht möglich ist. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die Unterschiede sehr bedeutsam sind; sie betreffen den Kern beider Gegenstandsbereiche. Weil die Bereiche so unterschiedlich sind, ergeben sich auch Konsequenzen in der Erschließung der Bereiche im Bildungsprozess. Lernen über Natur und Technik hat unterschiedliche Ziele und Inhalte und erfolgt auf unterschiedlichen Wegen.

1.1 Natur

Um sich den Unterschied zwischen Natur und Technik klarzumachen, lohnt es sich, einen Gedanken der klassischen Antike aufzugreifen. Aristoteles unterteilte die Welt in die Dinge, die den Grund ihres Seins in sich selbst haben und in diejenigen, die den Grund ihres Seins im Menschen haben. Erstere nennt er Dinge der Natur und letztere Artefakte, Dinge, die durch Handeln des Menschen, der Technik, geschaffen werden. Damit ist der Kernbereich beider Begriffe herausgestellt, obgleich die Rede vom „Grund des Seins“ viele fundamentale Fragen aufwirft.

Der Gedanke, der festzuhalten ist, besteht darin, dass Dinge der Natur vom Menschen nicht beeinflusst werden. Sie sind, wie sie sind, ohne dass der Mensch sie geschaffen hat. Was immer die Ursache sein mag, weshalb sie sind, wie sie sind, liegt außerhalb des menschlichen Handelns.

Aristoteles dachte noch an eine den Dingen innewohnende Kraft, die sie schafft. Die jüngere Wissenschaft ist zurückhaltender. Sie versucht nicht, das Wesen der Dinge zu erkunden, sondern formuliert auf der sprachlichen Ebene Regeln, mit denen vorhergesagt werden kann, wie die Dinge der Natur sind und wie sie sich verhalten. Diese Regeln nennt man Naturgesetze.

Die Rede von Naturgesetzen ist jedoch nicht unproblematisch, denn die Analogie zu juristischen Gesetzen drängt sich zwar auf, führt aber in die Irre. Juristische Gesetze normieren das Verhalten von Menschen; wer sich nicht nach den Gesetzen verhält, handelt falsch. Naturgesetze normieren jedoch nicht das Verhalten der Natur. Wenn sich die Natur anders verhält, als die Gesetze vorschreiben, so sind die Gesetze falsch. Naturgesetze sind die sprachliche Formulierung des gegenwärtigen Stands dessen, was wir von der Natur wissen. Vereinfachend wird oft gesagt, dass die Natur den Naturgesetzen folgt. Eigentlich ist es umgekehrt. Die Naturgesetze, so, wie wir sie „erraten“, passen sich den Naturvorgängen an. Dies geschieht gesellschaftlich seit vielen hundert Jahren durch Forschung und Lehre und individuell durch naturwissenschaftliche Bildung.

Natur bezeichnet somit die Gegenstände, die ohne den Menschen sind. Sie waren schon vor dem Menschen da, wie sie sind und werden wohl auch nach ihm unverändert so sein. Die Art und Weise, wie sie sind und wie sie sich verhalten, kann mit den Naturgesetzen verstanden und erklärt werden. Die naturalen Wirkungszusammenhänge können vom Menschen nur erkannt und nicht verändert werden. Das menschliche Bemühen um Erkenntnis führt letztlich zu einer Anpassung des Denkens an die Wirklichkeit.



1.2 Technik

Artefakte sind Dinge, die vom Menschen geschaffen werden. Sie kommen von Natur aus nicht vor. Die menschliche Tätigkeit, diese Dinge zu schaffen und sie zu verwenden, kann man *Technik* im weitesten Sinn nennen. Allerdings würde so ein umfassender Technikbegriff nicht nur materielle Objekte umfassen, sondern auch Musik, Literatur, Politik und anderes. In der Technikphilosophie hat sich gegenwärtig ein Technikbegriff „mittlerer Reichweite“ etabliert, der von Günter Ropohl formuliert wurde.

Ropohl (1991, S. 18) bestimmt Technik als

- die Menge der nutzenorientierten⁴, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte),
- die Menge der menschlichen Handlungen, in denen sie entstehen (Herstellung der Artefakte),
- die Menge der Handlungen, in denen sie verwendet werden (Verwendung der Artefakte).

Technik bezeichnet somit das Sachsystem und das Handlungssystem der Artefakte und ihrer Verwendung. Beide Systeme sind aufs engste miteinander verbunden und werden als soziotechnisches System zusammengefasst. Es entsteht nur durch den Menschen und wird wieder mit den Menschen verschwinden. Artefakte sind der materielle Ausdruck der Wünsche und Wertvorstellungen der Menschen, die sie herstellen oder verwenden. Im Artefakt werden die Vorstellungen der Menschen sichtbar, sie werden zur Wirklichkeit.

Nur wenn das Artefakt den beabsichtigten Zweck erfüllt, ist es gelungen. Das menschliche Bemühen um Erkenntnis ist hier auf die Veränderung der Wirklichkeit nach Maßgabe des Denkens und Wollens gerichtet.

1.3 Charakteristika der auf Natur und Technik bezogenen Wissenschaften

Aus der dargestellten Unterscheidung ergeben sich die unterschiedlichen Charakteristika von *Naturwissenschaften* und *Technikwissenschaften*.

Die *Technikwissenschaften* untersuchen vor allem die Funktion der Artefakte, wie sie gestaltet werden müssen, um den beabsichtigten Zweck zu erfüllen und welche Voraussetzungen vorliegen müssen sowie welche Folgen auftreten, wenn die Objekte geschaffen oder genutzt werden. Auch die Schaffung und Nutzung von Artefakten erfolgt nach bestimmten Regeln, die wissenschaftlich untersucht werden können. Ein Teil dieser Regeln sind die „naturalen Wirkungszusammenhänge“, die Gegenstand der *Naturwissenschaften* sind. Insbesondere bei der Nutzung von Artefakten treten auch sozialwissenschaftliche Untersuchungsmethoden hinzu.

⁴ Mit diesem Begriff sollen Kunstwerke außer Betracht bleiben. Eine trennscharfe Unterscheidung zwischen den Artefakten der „Kunst“ und der „Technik“ ist jedoch kaum möglich.

Die menschliche Tätigkeit besteht darin, unter dem möglichen dasjenige zu verwirklichen, welches einem gewünschten Zweck entspricht. Die Artefakte erfüllen also einen Zweck und zwar einen von den Menschen beabsichtigten Zweck. Sie sind nicht, wie sie sind, weil es ihrer Eigenart gleichkommen würde, sondern weil die Menschen sie so machen wollen.

Ähnlich wie es die Naturwissenschaften aufgegeben haben, eine den Naturdingen innewohnende Kraft zur Veränderung zu unterstellen, versuchen die Technikwissenschaften heute nicht mehr, eine den Artefakten innewohnende Kraft zu erkunden, die ihnen eine Zielrichtung ihrer Entwicklung unterstellt. Dessauer (1956) war wohl der letzte bedeutende Technikphilosoph, der davon ausging, dass es eine idealtypische technische Problemlösung geben würde, der die technische Entwicklung zustrebt. Es soll aber nicht ausgeschlossen werden, dass derlei Denken im Rahmen übergreifender philosophischer Reflexion eine Renaissance erleben kann, wenn etwa ganz grundlegend nach Wesen und Sinn technischer Entwicklung gefragt wird. Ein Neuplatoniker mag anders an die Frage der Technik hintreten als ein Neopositivist in der Nachfolge Auguste Comtes.

Man geht heute aus durchaus verständlichen pragmatischen Gründen von der Offenheit des technischen Entwicklungsprozesses aus. Das bedeutet, dass jedes konkrete Artefakt nicht etwa einer vorhergegebenen Gesetzmäßigkeit folgt, sondern das Ergebnis eines Abwägungsprozesses unterschiedlicher Lösungsmöglichkeiten im Rahmen des Möglichen darstellt.

Damit ist der prinzipielle Unterschied von Naturwissenschaft und Technik zusammenfassend abstrakt so formulierbar:

Naturwissenschaften versuchen die ewigen, allgemeingültigen und von kulturellen sowie individuellen Wertvorstellungen unbeeinflussten natürlichen Wirkungszusammenhänge zu erkennen. *Technikwissenschaften* versuchen zeitgebundene, auf konkrete Problemlagen bezogene und von individuellen sowie kulturellen Wertvorstellungen beeinflusste Artefakte zu erschaffen. Man kann zugespitzt formulieren, dass die Naturwissenschaften zur Anpassung des Denkens an die Wirklichkeit führen, während Technikwissenschaften zur Anpassung der Wirklichkeit an das Denken führen.

Tabelle 1 fasst die Unterschiede zusammen:

	Natur	Technik
Gegenstandsbereich	Was von Natur aus da ist, Was vorhanden ist	Was von den Menschen künstlich geschaffen wird, Was sein soll.
Bezugswissenschaften	Naturwissenschaften	Technikwissenschaften
Hauptfragerichtungen der Bezugswissenschaften	kausal Ursache - Wirkung	final Sinn und Zweck
Praxis	Experimentieren zur Erkenntnis- gewinnung	Gestaltung der Lebensumwelt durch Herstellung und Gebrauch
Bewertungskategorien	richtig oder falsch ⁵	gut oder schlecht
Verantwortungssubjekt		Mensch und Gesellschaft

Tabelle 1: Unterschiede zwischen Naturwissenschaft und Technik (Sachs, 2001, S. 7)

⁵ Sachs bezieht sich hier offensichtlich auf die sprachlichen Aussagen über die Natur, die „richtig“ – in Übereinstimmung mit den beobachtbaren Tatsachen – oder „falsch“ sein können.

2. Theoretische Vorannahmen

2.1 Bildung in den Bereichen Natur und Technik

Die unterschiedlichen Gegenstandsbereiche Natur und Technik treffen auf Unterschiede in der menschlichen Verfasstheit. Neugier richtet sich auf die kausalen Zusammenhänge der Natur und Gestaltungswille auf die Technik. Daraus folgen unterschiedliche Bildungsziele, die sich in unterschiedlichen Inhalten und Methoden beim organisierten Bildungsprozess (wie z.B. Unterricht) niederschlagen. Wir verstehen *Bildung* im Anschluss an Klafki als die wechselseitige Erschließung von Person und Welt. Dabei ist *Lernen* die menschliche Tätigkeit, in der sich dieser Erschließungsprozess vollzieht. Lernen kann sowohl individuell als auch in einem interindividuellen, absichtlich arrangierten Setting stattfinden. Die Expertise konzentriert sich auf die letztere Form, die wir als *Unterricht* bezeichnen.

Der Unterricht, selbst wenn er sich in offenen Unterrichtsformen nur auf planvoll gestaltete Lernumgebungen beschränkt, muss dem Gegenstand angemessen sein. Ziel des Bildungsprozesses ist die Erschließung des Bildungsgegenstandes und die Erschlossenheit des Kindes gleichermaßen; ersterer soll zugänglich, verstehbar, nutzbar und dadurch bedeutsam für das Kind werden. Daher müssen die Eigenheiten und kennzeichnenden Aspekte des Gegenstandes und die Bedürfnisse des Kindes in einem ausgewogenen Verhältnis im Fokus liegen.

Bei naturwissenschaftlichen Themen sind dies vor allem die Naturgesetze. Sie werden nach heutigem Kenntnisstand in zwei Grundmustern gelernt (vgl. auch Kleickmann, Pollmeier, Hardy & Möller, 2011):

- a) von einfachen Analogiebetrachtungen über Regeln bis hin zu formal formulierten Gesetzmäßigkeiten werden Schritt für Schritt umfassende mentale Rekonstruktionen der Wirklichkeit von den Lernenden aufgebaut,
- b) vorhandene umfassende, aber wenig differenzierte und belastbare mentale Rekonstruktionen der Wirklichkeit werden Schritt für Schritt ausdifferenziert und belastbarer. Charakteristisch für Natur und Naturwissenschaften ist vor allem:
 - ◆ *die Konzepte müssen sich an der Wirklichkeit bewähren,*
 - ◆ *eigene Wünsche und Wertvorstellungen spielen inhaltlich keine Rolle,*
 - ◆ *die Konzepte sind auf Allgemeingültigkeit ausgerichtet,*
 - ◆ *Bewertungen von Naturvorgängen sind unangemessen.*

Unterricht über Technik fokussiert sich dagegen auf die Gestaltung, Nutzung und Bewertung von Artefakten. Die mentalen Repräsentationen der Lernenden äußern sich in den Artefakten, die sie herstellen, sowie in der Art und Weise, wie Artefakte genutzt und bewertet werden. Dabei wird die individuelle Entscheidung für ein bestimmtes Artefakt von kulturellen Verhaltensmustern und Wertvorstellungen bestimmt.

Charakteristisch für Technik und Technikwissenschaft ist vor allem:

- die Gestaltungsoffenheit der Technik,
- die Wertgebundenheit der Technik,
- der diskursive Charakter der Entscheidung über die Gestaltung eines konkreten Artefakts,
- die Bewertung der Angemessenheit technischer Lösungen.
- die kulturprägende Wirkung.

Naturwissenschaftliches Lernen – technisches Lernen

Die Naturwissenschaft fragt nach den als unveränderlich vorausgesetzten natürlichen Wirkungszusammenhängen, naturwissenschaftliche Bildung zielt daher auf die Erschließung der unveränderlichen, dem menschlichen Einfluss entzogenen Welt (der Erscheinungen, wie sie von sich aus sind). Technikwissenschaften haben das Artefakt, also das vom Menschen Geschaffene im Blick. Technikunterricht zielt daher auf die Erschließung der vom Menschen geschaffenen Welt (der Erscheinungen, die durch den Menschen hervorgerufen werden).

2.2 Rahmenmodell für unverzichtbare Grundelemente des Lernens über Technik

Aus den oben gemachten Äußerungen folgt ein überschaubarer Satz an unterrichtlichen Grundaspekten, welche erfüllt sein müssen, damit man ein bestimmtes Unterrichtsarrangement als angemessen zur Erschließung von Technik anerkennen kann. Die Autoren dieser Expertise stellen diese Grundelemente hier in Form eines Rahmenmodells zusammen.

Unterricht über Technik muss enthalten:

- Aspekte der natürlichen Wirkungszusammenhänge, die in jedem spezifischen Artefakt wirksam werden,

- Aspekte der Gestaltungsoffenheit konkreter Problemlösungen im Verbund mit gegenständlicher Tätigkeit sowie
- Aspekte der Bewertung von Artefakten im Hinblick auf Funktionserfüllung und Nebenwirkungen und das Einbetten in einen kulturellen Zusammenhang.

Diese Aspekte müssen inhaltlich konkretisiert werden, z.B.:

- Naturale Wirkungszusammenhänge müssen beim Einsatz von Material und Werkzeug erkundet werden können insofern sie für den Zweck des Artefakts von Bedeutung sein könnten. Der Unterricht muss Raum geben für die Erfahrung grundlegender Gesetze wie dem Hebelgesetz, dem Hookeschen Gesetz, dem Ohmschen Gesetz und ähnlichem, ohne dass die Gesetze mathematisch formuliert werden müssen. Qualitative je-desto Beziehungen sind – besonders in den unteren Altersstufen – völlig ausreichend.
- Die Gestaltungsoffenheit von Problemlösungen muss bei der Konstruktion und Fertigung von Artefakten erfahren werden können. Der Unterricht muss Raum geben für unterschiedliche Artefakte, die eine Lösung für dasselbe Problem bieten. Dabei müssen die Materialeigenschaften und Wirkungsmechanismen der Artefakte in technischen Experimenten sowie in der sprachlichen ggf. graphischen Kommunikation dargestellt und diese Darstellungen innerhalb der Lerngruppe ausgetauscht werden können. Bedeutsam beim Herstellen ist der Zuwachs an Geschicklichkeit und Können beim sachgerechten Umgang mit Werkzeugen, Geräten, Vorrichtungen, einfachen Maschinen und Hilfsstoffen. Sachgemäßer und sicherer Einsatz von Werkzeug und Material sowie die Klärung von Aspekten handwerklicher und industrieller Herstellung in altersgerechter Qualitätsstufung sollen angestrebt werden.
- Die unterschiedlichen Bewertungsmöglichkeiten von Artefakten müssen bei ihrer Erprobung und Verwendung ggf. Entsorgung erfahren werden können. Der Unterricht muss Raum geben für den Vergleich der verschiedenen Artefakte unter der Fragestellung, welches Artefakt besser ist im Hinblick auf verschiedene Anforderungen wie Funktion, Haltbarkeit, Preis, Wartungsfreundlichkeit, Entsorgbarkeit usw. Es bietet sich an, die Bewertung zu differenzieren:
- Die Bewertung selbstgeschaffener Dinge muss sich an dem Zweck, den sie erfüllen sollen, orientieren.
- Die Bewertung bereits vorhandener Dinge richtet sich nach der Zweckerfüllung, Nutzungsfreundlichkeit (Handhabung, Geräusentwicklung, Gefahren), Preis usw. Dabei muss deutlich werden, dass unterschiedliche Werthaltungen individueller und kultureller Prägung zu unterschiedlichen Bewertungen führen können. Insgesamt sollen die Schülerinnen und Schülern sensibilisiert werden dafür, dass Technik Ausdruck und Teil der Kultur ist.

Auf die Lernenden gerichtet, muss Unterricht über Technik auf materiale, formale und personale Bildungsaspekte ausgerichtet sein.

- Materiale Aspekte sind vor allem:
 - ◆ *die naturalen Gesetzmäßigkeiten durch gezielte Material- und Funktionserkundungen über Experimente mit Material und Artefakten in Form von Experimenten erfahrbar machen.*
 - ◆ *die Gestaltungsoffenheit von Problemlösungen durch den Vergleich von Artefakten, die demselben Zweck dienen, in Form von vergleichenden Analysen in technischen Experimenten, Testverfahren und im Diskurs über die unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten erfahrbar machen.*
 - ◆ *die Bewertung der Artefakte im Hinblick auf die Qualität der Lösung, insbesondere die Erfüllung der beabsichtigten Funktion sowie der nicht beabsichtigten Nebenwirkungen bei der Verwendung, Wartung, Reparatur und Entsorgung des Artefakts erfahrbar machen. Dabei kommen je nach Artefakt die Erprobung, der Diskurs oder beides in Betracht.*
- Als formale Aspekte sollen technische Produktivität, Kreativität und Kritikfähigkeit entfaltet werden.
- Der personale Aspekt betrifft vor allem den Aufbau eines erfahrungsbasierten technikbezogenen Selbstkonzepts, das z.B. Geduld, Sorgfalt, Freude am Gelingen und ein realistisches Selbstwirksamkeitskonzept umfasst.

Alle Aspekte müssen im handelnden Umgang mit konkreten Artefakten erfolgen; dies umfasst sowohl die Handhabung der Artefakte selbst als auch die sprachliche und ggf. graphische Kommunikation über die Artefakte und ihre Nutzung. Nicht jeder Aspekt kann in jeder einzelnen Lerneinheit konkretisiert werden, sondern in einem systematischen Curriculum müssen alle Aspekte angemessene Berücksichtigung finden.

Diese Kriterien liegen der Expertise zu Grunde. Sie stellt den Stand der Didaktik über Technikunterricht in Deutschland und einigen ausgewählten Ländern dar. Dabei dient das Rahmenmodell sowohl der Identifizierung von Technikunterricht (denn er heißt nicht überall so) als auch der Formulierung des internationalen Konsenses über Essentials des Unterrichts über Technik.

Aus dem dadurch gewonnenen Stand der Technikdidaktik werden Empfehlungen für die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ abgeleitet, wie sie mit ihren Mitteln auf die Weiterentwicklung des Standes der technischen Bildung einwirken kann.

2.3 Vorannahmen über den Erwerb technischer Kompetenzen

2.3.1 Kompetenzbegriff

In der aktuellen Bildungsdiskussion hat sich der Begriff „Kompetenzen“ durchgesetzt. Definiert wird er in der Regel durch Verweis auf Weinert als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27). Der Kompetenzbegriff von Weinert (2001, S. 27; vgl. auch Anders et al, 2013a, b) liegt auch der vorliegenden Expertise zu Zieldimensionen technischer Bildung zugrunde, wobei die Einpassung in die didaktische Forschung erfolgt.

Dies bedeutet einerseits eine domänenspezifische Formulierung der Kompetenzen, wie sie die didaktische Forschung und die dadurch beeinflussten Curricula nahelegen, andererseits auch die Klarstellung, dass Kompetenzen nach Meinung der Autoren nicht die eigentlichen Ziele der Bildung sind, sondern Kenngrößen, die Rückschlüsse auf die Zielerreichung erlauben. Kompetenzen helfen (im günstigsten Fall), den Bildungsprozess durch gezielte Maßnahmen seitens der Lernbegleiter zu initiieren, zu unterstützen und zu lenken, können aber Ziele nicht legitimieren.

Hierbei tritt auch das Grundübel vieler Kompetenzformulierungen zutage. Für ihre Funktion als prozesssteuerndes Element sind sie meist zu schwammig formuliert, nicht operationalisierbar und somit nur eingeschränkt tauglich. Wenn sich die Kompetenzorientierung jedoch auf der Ebene der Lernziele und der Bemühungen, diese zu operationalisieren bewegen, um damit ein Instrument zur Erfolgskontrolle des Unterrichts in die Hand zu bekommen, ist wohl kein Einwand notwendig, weil die Formulierung von Kompetenzen tatsächlich eine Chance zur entwicklungsorientierten Steuerung von Bildungsprozessen eröffnet.

2.3.2 Vorannahmen über den Erwerb von technischen Kompetenzen im Elementar- und Primarstufenalter

Ebenso wie in den Expertisen von Anders et al. (2013a, b) wird hier davon ausgegangen, dass Kinder ab der Geburt ihre Kompetenzen ausbauen und neue hinzugewinnen. Dabei verstehen wir Kinder als aktive, gestaltende Personen und teilen auch die Auffassung, dass parallel zum aktiven Lernen auch passive „Lern- und Reifungsprozesse“ stattfinden. Der Kompetenzerwerb erfolgt domänenspezifisch und beim Lösen von Problemen wirken Kompetenzen unterschiedlicher Domänen zusammen.

Wir orientieren uns am Begriff **Technological Literacy** der International Technology and Engineering Educators Association ITEEA (ITEEA, 2005), die technische Grundbildung wie folgt beschreibt:



„Der Begriff „Technological Literacy“ bezieht sich auf die Fähigkeit, Technik zu nutzen, mit ihr umzugehen, sie zu bewerten und zu verstehen ... Um ein technisch gebildeter Bürger zu sein, sollte eine Person verstehen, was Technik ist, wie sie funktioniert, wie sie die Gesellschaft formt und im Gegenzug von der Gesellschaft geformt wird. Darüber hinaus hat eine technisch gebildete Person Fähigkeiten im Umgang mit Technik, die ihr ermöglichen, ihren Einfallsreichtum zu nutzen um Dinge herzustellen und praktische technische Probleme zu lösen. Es ist charakteristisch für technisch gebildete Personen, dass sie vertraut im Umgang mit und objektiv im Urteil über Technik sind. Sie haben weder Berührungängste noch sind sie vernarrt in Technik. Technische Bildung ist mehr als Wissen über Computer und ihre Anwendung. Sie beinhaltet die Vision, dass jeder Einzelne aus einer realistischen Weltsicht über ein bestimmtes Ausmaß an Wissen über das Wesen der Technik, den Umgang mit Technik, die Macht und die Folgen vieler technischer Aspekte verfügt⁶.“

Wir gehen davon aus, dass ähnlich wie bei der Scientific Literacy auch im Bereich „Technological Literacy“ eine große Übereinstimmung der Didaktiker im Kernbereich vorhanden ist.

Innerhalb der fachdidaktischen Scientific Community besteht sowohl die Überschneidungen als auch die Unterschiede zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Kompetenzen betreffend weitgehend Konsens. Wir sind der Ansicht, dass dies keinesfalls für die Erziehungswissenschaft, weder auf der Ebene der Allgemeinen Pädagogik noch auf der der Schulpädagogik, zutrifft. Eine undifferenzierte Gleichsetzung von Naturwissenschaft und Technik oder unangemessene Verkürzungen ihres Verhältnisses zueinander ist offensichtlich eine weitverbreitete Folge der

⁶ Übersetzung der Kurzfassung auf der Homepage der ITEEA, verfügbar unter: http://www.iteaconnect.org/TAA/TAA_Literacy.html

„Distanz und Skepsis“ (Schütte & Gonon, 2004, S. 998) vonseiten der Pädagogik. Dies hat Auswirkungen auf die Gestaltung von Curricula und auf die domänenspezifische Wahrnehmung von Forschern, Lehrern und Kindern und wird in den Kapiteln 2 bis 4 weiter ausgeführt.

Innerhalb der technischen Kompetenzen differenzieren wir zwischen sachbezogenen Kompetenzen wie z.B. Wissen und Handhaben sowie personenbezogenen Kompetenzen wie z.B. (geschlechtstypisches) Interesse.

Die Arbeitsgruppe um Anders et al. hat eine Übersicht über relevante Zieldimensionen im Zusammenhang mit MINT erarbeitet (Anders et al., 2013a, b). Die Grundstruktur der Ziele im Bereich Technik ist auf Ebene der Kinder und auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte ähnlich: Wissen und Können, Motivation und Selbstbild. Bei Fach- und Lehrkräften kommen zusätzlich didaktisches Wissen und „Professionalität“ hinzu. Diese von Anders et al. (2013a, b) erarbeitete Wissensbasis wurde in dieser Expertise mit einigen Modifizierungen übernommen.

Zusammenfassend sind die Zieldimensionen auf Ebene der Kinder aufgeführt, die im Folgenden auf domänenspezifische Aspekte aus dem Inhaltsbereich Technik fokussiert sind:

- (1) Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik,
- (2) Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten,
- (3) Technische Kreativität,
- (4) Technisches Wissen und
- (5) Übergreifende Basiskompetenzen

Die Zieldimensionen auf Ebene der Kinder werden in Kapitel 5 im Detail erläutert.

2.3.3 Vorannahmen über Kompetenzen pädagogischer Fach- und Lehrkräfte

Wir gehen davon aus, dass bei vielen pädagogischen Fach- und Lehrkräften Misskonzeptionen bezüglich der Technik als Lerngegenstand vorliegen. Zudem findet häufig eine Gleichsetzung von technischer und naturwissenschaftlicher Bildung statt. Es gibt deutliche Referenzen dafür, dass eine Begriffsverschiebung seit den 1980er Jahren stattgefunden hat, die Technik mit Elektronik, Computern und Medientechnik gleichsetzt. Entsprechende Studien werden in den Kapiteln 5 und 6 vorgestellt.

Ebenso legen Untersuchungen nahe, dass viele Fach- und Lehrkräfte gering ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartungen über ihre domänenspezifischen Leistungen haben, ihr Ausmaß an Handlungsfertigkeit gering einschätzen und selbst nur elementare Voraussetzungen im Umgang mit domänenspezifischen Arbeitsmitteln wie Werkzeugen mitbringen (Stein, McRobbie. & Ginns, 1998, Mammes, 2001 und 2008, Mammes, Schaper & Strobel 2012, Möller, Tenberge & Ziemann 1996, 1997)). Die Fach- und Lehrkräfte sind sich aber offensichtlich dessen bewusst (Möller et al. 1996, 1997); daraus folgt vermutlich das empirisch feststellbare, schwach ausgeprägte Leistungsselbstbild. Untersuchungen, die diese Annahme unterstützen, werden in Kapitel 6 näher aufgeführt.

Wir unterstellen, dass die von den Fach- und Lehrkräften gestalteten Lernbedingungen und -umgebungen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Lernprozesses haben. Allerdings sind die dabei zusammenwirkenden Faktoren komplex und im Ausmaß des Zusammenwirkens kaum abschätzbar. Die Expertise konzentriert sich auf die domänenspezifischen Aspekte Wissen, Können und Selbstwirksamkeitskonzept, ohne auf allgemeinpädagogisches oder –didaktisches Professionswissen explizit einzugehen.

Zusammenfassend sind die Zieldimensionen auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen in Kita, Hort und Grundschule aufgeführt, die auf domänenspezifische Aspekte aus dem Inhaltsbereich Technik fokussieren:

- (1) Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik,
- (2) Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten,
- (3) Technische Kreativität,
- (4) Technisches Wissen
- (5) Fachdidaktisches Wissen und
- (6) Professionelle Haltung und Rollenverständnis, technikbezogene Einstellungen und Überzeugungen

Die Zieldimensionen auf Ebene der Pädagoginnen und Pädagogen werden in Kapitel 6 im Detail erläutert.

2.3.4 Lehrinhalte

Die gegenwärtige Diskussion ist im Anschluss an die PISA-Studien stark kompetenzfokussiert. Curricula enthalten oft nur noch vage Andeutungen auf die zu vermittelnden Inhalte. Die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK) beispielsweise kondensieren konkrete Inhaltsangaben auf wenige Passagen. Im KMK-Beschluss über die Bildungsstandards des Faches Deutsch der Grundschule ist es gerade einmal ein halbe Seite (KMK Deutsch, 2004, S. 14) und selbst in Mathematik sind es nur drei Seiten (KMK Mathematik, 2004, S. 9-11). Es entsteht der Eindruck, dass die Frage nach den Inhalten zweitrangig ist. Die technikdidaktische Diskussion im deutschsprachigen Raum folgt diesem Trend nicht. Bei der überwiegenden Fokussierung auf Kompetenzen geht der Blick auf den „dialektischen Zusammenhang“ zwischen Inhalt und Kompetenz verloren. Die sorgfältige Analyse des Zusammenhangs zwischen dem bearbeiteten Inhalt und der erreichten Kompetenz verdient mindestens dieselbe Aufmerksamkeit wie die schlüssige Formulierung der Kompetenzen selbst. Auch international ist der Ansicht deutlich widersprochen worden, dass es inhaltsübergreifende oder gar inhaltsunabhängige Kompetenzen, wie z.B. Problemlösefähigkeit gibt, die sich, wenn sie nur genügend ausgebildet ist, auf viele Bereiche übertragen lässt (vgl. Kapitel 4.1).

Ganz praktisch ergibt sich für Akteure in der Technischen Bildung das Problem, dass sie ohne konkrete inhaltliche Aussagen nicht gut tätig werden können. Die Frage, was denn nun geeignete Inhalte zum Aufbau bestimmter Kompetenzen sind, stellt sich daher unausweichlich. Wir erwägen diese daher sorgfältig und sprechen dazu eine Empfehlung aus (vgl. Kapitel 7).

3. Didaktik des allgemeinbildenden Technikunterrichts in Deutschland

Der Stand der empirischen Forschung in der Technikdidaktik in Deutschland bleibt hinter dem internationalen Stand zurück. Die Expertise wird sich daher in weiten Teilen auf die internationale Diskussion stützen, und zwar deshalb, weil deutsche Forschungsergebnisse nicht vorliegen.

3.1 Unterricht über Technik⁷ in der Schule

Unterricht über Technik ist in Deutschland weder durchgängig an Schulen etabliert noch curricular als ein Fach „Technikunterricht“ in allen Schularten verankert. Wenn überhaupt, so ist es ein Wahlfach oder es wird in speziellen technikfokussierten Schulen, dann allerdings kaum noch als allgemeinbildendes Fach unterrichtet. Dies ist kaum nachvollziehbar, da zwei fundamentale Aspekte nachdrücklich für eine allgemeine Bildung über Technik sprechen: die individualpädagogisch-anthropologische Aufgabe der wechselseitigen Erschließung von Mensch und Welt sowie die gesellschaftlichen Bedingungen in unserer Kultur.

Aus pädagogisch-anthropologischer Sicht dürfte unstrittig sein, dass es ein zentrales Anliegen des schulischen Bildungsprozesses ist, dem Individuum die Erschließung der Welt, in der es lebt, zu ermöglichen. Diese Welt ist völlig unbestreitbar durchgängig technisch geprägt und es ist nicht nachvollziehbar, dass zur Erschließung dieser technischen Wirklichkeit die Befunde der Technikdidaktik zur Strukturierung von Unterricht, seinen Zielen, zentralen Arbeitsweisen, bedeutsamen Inhalten und Beurteilungskriterien weitgehend ausgeblendet werden. Stattdessen erledigen andere Didaktiken dies *en passant*, z.B. die Geschichtsdidaktik (wie der Mensch zum Feuer kam, Buchdruck, Dampfmaschine etc.), die Naturwissenschaftsdidaktik (Anwendungen von mechanischen Naturgesetzen in einfachen Maschinen wie Hebel und Rolle, elektromagnetische Felder in Motoren oder bei der Nachrichtenübermittlung), die Literaturdidaktik (Frischs Homo Faber) oder die Religionsdidaktik (der Mensch als Schöpfer, Verantwortung). Die technische Wirklichkeit wird vorrangig aus der Perspektive anderer Fachdidaktiken erschlossen, sie hat dort vorwiegend veranschaulichenden Charakter. Gelegentlich haben technische Un-

⁷ Es geht im Folgenden nicht nur um Technikunterricht, sondern auch um Unterricht über Technik im Sachunterricht, Werken oder anderen Fächern.

terrichtsinhalte auch motivierende Funktion, insgesamt bleiben technische Inhalte aber isoliert voneinander und eine zusammenhängende Erschließung der Welt wird der Selbstbildung überlassen, weil die schulische Unterstützung so bruchstückhaft ist. Dies ist vor allem deswegen unverständlich, weil eine ausgearbeitete Fachdidaktik vorliegt, die in allen Bereichen schulischen Lernens theoretisch fundierte und praxiserprobte Orientierung gibt bzw. geben könnte.

Die aktuellen gesellschaftlichen Bedingungen erfordern in gleichem Maße eine Stärkung des Technikunterrichts. Das vielzitierte Nachwuchsproblem in gewerblich-technischen Berufen kann schwerlich durch Verbesserungen im bestehenden System angegangen werden, da dieses gewissermaßen blind für originäre technische Problemstellungen ist. Selbst die gegenwärtig erheblichen Anstrengungen im Bereich naturwissenschaftlicher Bildung, z.B. durch Schülerlabore, treffen nur einen Randbereich, denn die Tätigkeitsbereiche in gewerblich-technischen Berufen sind nur zu einem geringen Teil mit naturwissenschaftlichen Kompetenzen abgedeckt.

Die Appelle der Verbände⁸ zeigen bisher keine erkennbare Wirkung, selbst wenn sich Gewerkschaften anschließen⁹ oder die Medien Kassandrurufe verbreiten¹⁰. Die

offensichtliche Technikdistanz der Pädagogik in Deutschland ist historisch gewachsen und tief verwurzelt¹¹.

Beide angedeuteten Problembereiche, die Erschließung der technischen Welt und die gesellschaftliche Notwendigkeit, den Nachwuchs im gewerblich-technischen Bereich zu fördern, sind aus pädagogischer Sicht allerdings nicht gleichgewichtig. Technischer allgemeinbildender Unterricht zielt auf jeden Einzelnen, der in der technischen Welt zurechtkommen und sie mitgestalten will. Es ist daher das primäre Anliegen, alle Menschen bei der Entwick-



⁸ http://www.vdi-jutec.de/medienarchiv/ablage/original/memorandum_mecklenburg_vorpommern_pdf.pdf

⁹ http://www.vdi-jutec.de/medienarchiv/ablage/original/bildungspolitik_4.pdf

¹⁰ http://www.focus.de/finanzen/karriere/perspektiven/branchen/fachkraeftemangel/fachkraeftemangel_aid_64902.html

¹¹ vgl. Benner & Oelkers (2004), *Stichwort Technik und Bildung/Technische Bildung*, S. 995ff

lung ihrer personalen Fähigkeiten sowie der sachgerechten Erschließung der technischen Welt zu unterstützen. Sekundär ist die Förderung von Nachwuchs in entsprechenden Berufsfeldern. Sie betrifft durchaus nicht alle Menschen. Allgemeinbildend kann hier nur die Berufswahlvorbereitung sein. Welchen Beruf die Kinder wählen, müsste das Ergebnis einer Entscheidung auf der Grundlage einer hinreichenden Aufklärung über verschiedene Berufsfelder sein und technische Berufe sollten dabei angemessen repräsentiert sein.

3.1.1 Der Ansatz des mehrperspektivischen, allgemeinbildenden Technikunterrichts (MpA)

Der sogenannte Mehrperspektivische Ansatz der Technik (MpA) ist einer von drei grundlegenden. Es gibt zudem einen an den Technikwissenschaften orientierten (Allgemeintechnologischer Ansatz, AtA) und einen an einem gesellschaftsorientierten Modell ausgerichteten, der seiner Leitkategorie gemäß als Arbeitsorientierter Ansatz (AoA) bezeichnet wird (vgl. hierzu Schmayl/Wilkening 1995 oder Schmayl 2013, S. 119ff.). Neben der ausführlichen bildungstheoretischen Begründung technischer Bildung zeichnet sich der MpA dadurch aus, dass sein Gegenstandsbereich abgegrenzt ist von den Didaktiken der Naturwissenschaften, der Informationstechnik, der Arbeitslehre sowie von berufspädagogischen und allgemeintechnologischen Ansätzen (vgl. Sachs, 1979b, 2001; Schmayl & Wilkening, 1995, S. 64ff; Schmayl, 2013, S. 118ff; sowie auf der Internetpräsenz der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB)⁹). Die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung beruft sich vielfach auf diesen Ansatz, der die Person des Kindes und des Jugendlichen in seiner Auseinandersetzung mit Welt im Zentrum pädagogischer Bemühungen sieht.

Die Charakteristika dieses Ansatzes wurden in den letzten dreißig Jahren im Diskurs der Scientific Community erarbeitet und stets öffentlich kommuniziert. Die folgende Darstellung fußt auf einem Grundlagenartikel über den Stand des Technikunterrichts in Deutschland von Sachs (2001) anlässlich der 100sten Ausgabe der Fachzeitschrift „tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht“, lehnt sich an das Papier von Bienhaus (2008) auf der Präsentation der DGTB an und berücksichtigt wo notwendig den neuesten Stand aus dem Grundlagenwerk von Schmayl (2013).

Anschluss an die Makroebene

Die Didaktik des mehrperspektivischen Technikunterrichts knüpft in fachlicher und technikphilosophischer Hinsicht an den Stand der technikphilosophischen Diskussionslinien von Simon Moser, Hans Lenk, Klaus Tuchel, Friedrich Rapp, Günther Ropohl und anderen sowie der anthropologischen Tradition von Arnold Gehlen, Wolfgang

Schadewadt, Helmuth Plessner und aktuell Peter Fischer, Winfried Schmayl, Dieter Wandschneider und Christian Wiesmüller an.

In allgemeinpädagogischer Hinsicht ist sie eingebettet in die Bildungstheorie in der Tradition von Wilhelm Humboldt, Theodor Litt, Eugen Fink. Schulpädagogisch orientiert sie sich vor allem an Wolfgang Klafki und seinem Modell der kategorialen Bildung.

Zielperspektiven im mehrperspektivischen Ansatz

„Der allgemeinbildende Technikunterricht zielt auf ein sowohl produktives als auch kritisches Verhältnis der Menschen zur Technik. Nicht der Miniatur-Ingenieur, nicht der Miniatur-Facharbeiter ist gemeint, sondern der technisch gebildete Laie“. (Sachs, 2001, S. 10) Die vier im Folgenden dargestellten Zielperspektiven sind mit gekürzten Kommentaren aus Sachs, 2001, S. 10 f erläutert.

Perspektive des technischen Handelns:

Die Lernenden sollen technikbezogene Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben. Solche technikspezifische Handlungsweisen sind z.B.: Planen und Entwickeln, Konstruieren und Verbessern, Untersuchen und Experimentieren, Herstellen und Fertigen, Bedienen und Verwenden, Pflegen und Reparieren, Beurteilen und Entscheiden, Darstellen und Beschreiben.

Perspektive der Kenntnisse und Strukturzusammenhänge:

Die Lernenden sollen technische Sachverhalte kennen und diese in allgemeine Strukturzusammenhänge einordnen lernen. Hier geht es um elementare theoretische Zusammenhänge der Technik im Sinne einer (weiter zu entwickelnden) Allgemeinen Technologie und um grundlegende Einsichten aus den Bereichen Produktionstechnik, Maschinen und Energietechnik, Bautechnik, Informationstechnik, Elektrotechnik, Produktplanung und Produktgestaltung.

Perspektive der Bedeutung und Bewertung technischer Sachverhalte:

Die Lernenden sollen die Bedeutung der Technik, ihre Entstehung und ihren Interessenbezug kennenlernen sowie den Nutzen und die Qualität technischer Mittel und Verfahren kritisch beurteilen lernen. Hier geht es um Interessen, Zuständigkeiten und Einwirkungsmöglichkeiten bei der Herstellung, der Verwendung und der Entsorgung technischer Mittel aber auch um die Bedeutung der Technik für die Lebensbedingungen und die Lebensweise der Menschen und um die Vor- und Nachteile technischer Lösungen im Blick auf die Beurteilungskriterien Funktion, Leistung, Haltbarkeit, Handhabung, Sicherheit, Kosten, Formqualität, Umweltbelastung, Rohstoffbedarf, Energiebedarf, ...

Perspektive der vorberuflichen Orientierung:

Die Lernenden sollen als eine Voraussetzung für eine begründete Berufswahl Kenntnisse über technische Berufe erwerben und elementare vorberufliche Erfahrungen gewinnen. Hier geht es z.B. um Tätigkeitsmerkmale und Anforderungen, Arbeitsbedingungen, Entwicklungstendenzen, Ausbildungs- und Aufstiegsmöglichkeiten, eigene Erfahrungen mit Werkzeugen und Werkstoffen, Bauelementen, Geräten und Maschinen, beim Entwerfen und Zeichnen, ...

Inhalte des Technikunterrichts im mehrperspektivischen Ansatz

„Bei der Auswahl der Themen orientiert sich der mehrperspektivische Technikunterricht an soziotechnischen, d.h. an individuell und gesellschaftlich bedeutsamen Problem- und Handlungsfeldern, in denen Technik eine wesentliche Bedeutung für die Lebensbewältigung, die Lebensgestaltung und die Lebensbedingungen der Menschen hat“ (Sachs, 2001, S. 12). Allgemeine Zustimmung fanden folgende Problem- und Handlungsfelder:

- Arbeit und Produktion (bzw. Produktion und Produkt),
- Bauen und Wohnen (bzw. Bauen und gebaute Umwelt),
- Versorgung und Entsorgung,
- Transport und Verkehr,
- Information und Kommunikation.

In der Diskussion ist eine Ergänzung dieser Zusammenstellung durch zwei weitere Inhaltsfelder „Haushalt und Freizeit“ sowie „Sichern und Schützen“ (Schlagenhauf, 2009). Der Verein Deutscher Ingenieure VDI berücksichtigt in seinen Bildungsstandards bereits den Inhaltsbereich Haushalt und Freizeit (vgl. Kapitel 4.1.1).

Methoden des Technikunterrichts im mehrperspektivischen Ansatz

Sachs (2001, S. 13) beschreibt folgende Methoden für den Technikunterricht:

- Planung, Gestaltung und Fertigung von Gebrauchsgegenständen (Werkaufgabe)
- Konstruktion und modellhafte Realisierung technischer Funktionseinheiten (Konstruktionsaufgabe)
- Herstellung von Gegenständen nach inhaltlicher Vorgabe (Fertigungsaufgabe)
- Experimentelle Analyse von Leistungs- und Wirkungszusammenhängen in technischen Systemen und von technischen Eigenschaften von Werkstoffen und Hilfsmitteln (Technisches Experiment)
- Kritische Untersuchung technischer Objekte und Verfahren (Produkt- u. Werkanalyse, Warentest)

- Erkundung technischer Systeme, technologischer Prozesse und technikbezogener Arbeitsplätze ([Betriebs-]Erkundung)
- Vermitteln und Einüben von fachlichen Kenntnissen und Techniken (Lehrgang)
- Erkundung technikhistorischer Entwicklungen und ihrer Auswirkungen (technikhistorische Studie)
- Planung und Durchführung von fächerverbindenden Vorhaben und Aktionen (Projekt)
- Außer-Betriebnahme von Gebrauchsgegenständen und Wiederverwertung ihrer Bauteile und Werkstoffe (Recyclingaufgabe)

Die Ausführungen von Sachs stellen den aktuellen Stand der Didaktik des mehrperspektivischen Ansatzes (MpA) dar. Sachs hat diese Didaktik maßgeblich mit ausgearbeitet und seine Vorstellungen haben allgemeine Zustimmung gefunden.

Bildungsziele im mehrperspektivischen Ansatz

Konsequent beschreibt der MpA die wechselseitige Erschließung von Person und Welt immer in der Polarität von Objekt und Subjekt. Die Bildungsziele des MpA werden in Anlehnung an Schmayl (2010, S. 153) in Tabelle 2 dargestellt. Natürlich ist die Entwicklung einer Didaktik niemals eine abgeschlossene Aufgabe. Wie bei den Inhaltsfeldern gibt es auch bei der Strukturierung der Methoden eine laufende Diskussion.

Erschließungsrichtungen	Objektbereich	Subjektbereich
Perspektive	Extrovertiert – von Struktur und Anforderungen der Wirklichkeit aus	Von Struktur und Entwicklungsmöglichkeiten der Person her
Strukturierungsdimensionen	Sachdimension sozio-technische Dimension Wert- und Sinndimension	praktische Dimension intellektuelle Dimension charakterliche Dimension
Zieltypen	inhaltlich – aber personenbezogen formuliert	formal – aber inhaltlich gefüllt
Zielkomplexe	Sachverstand und Sachlichkeit Sozio-technische Einsicht Wertbewusstsein und Verantwortungsfähigkeit	Können und Beherrschen Wissen und Verstehen Einstellung und Haltung

Tabelle 2: Bildungsziele des mehrperspektivischen Ansatzes (nach Schmayl, 2010)

3.1.2 Unterricht über Technik in der Primarstufe

Der MpA ist ein umfassender Ansatz, der sich über alle Altersstufen erstreckt. Dennoch verkennt er nicht die Besonderheiten des Unterrichts in der Primarstufe. Die Diskussion um Ziele, Inhalte und Methoden des Technikunterrichts in der Primarstufe war in

den 1970er-Jahren ausgeprägt und lebhaft, insgesamt aber ergaben sich keine wirklich inkompatiblen Entwürfe, sondern nur drei Varianten, die sich in der Gewichtung der polaren Bezugspunkte Person („Kindgemäßheit“) und Sache („Sachgemäßheit“) unterschieden. Schmayl (1995, S. 83ff) stellt fest: „Die vertretenen Ansätze sind nicht wirklich konträr; sie differieren beim Setzen von Akzenten, was sich besonders auf das Verhältnis zum Sachunterricht auswirkt. Beim Sichten der einschlägigen Diskussion schälen sich drei Ansätze heraus:

1. Ein fachlicher Ansatz, der Wert auf die Verdeutlichung innertechnischer Zusammenhänge legt ...
2. Ein mehrperspektivischer Ansatz, der über die innertechnischen Zusammenhänge hinaus stärker auf die Beziehungen eingeht, in denen Technik steht ...
3. Ein integrativer Ansatz, der technische Themen nur im Rahmen größerer Sachunterrichtsthemen behandeln will“

Auf der unterrichtspraktischen Ebene wurden viele geeignete Zugangsthemen für die Hand der Lehrkräfte zur Unterrichtsvorbereitung entwickelt und publiziert, zu nennen wären vor allem Biester (1981) und Ulrich und Klante (1994), auch Baukastensysteme im Primarbereich wurden erprobt und eingesetzt (Raabe, Schietzel & Vollmers, 1972). Die entfaltete Qualität der unterrichtspraktischen Beispiele fand sich z.B. in der Zeitschrift „Die Werkstunde“, erschienen als periodische Arbeitsblätter im ALS-Verlag, wieder. Die Diskussion um technische Inhalte in der Grundschule nahm in den 1980er-Jahren ab, die Werkstunde wurde eingestellt und auch in „tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht“ gingen die primarstufentypischen Beiträge deutlich zurück: In den ersten 50 Ausgaben der Zeitschrift bis 1988 waren noch 30 Artikel spezifisch für den Primarbereich erschienen, bis zur Ausgabe 130 im Jahr 2010 nur noch weitere 11. Die Auseinandersetzung mit dem Technikunterricht in der Primarstufe ist nicht völlig zum Erliegen gekommen, sie hat sich zum Teil in die Sachbereichsdidaktik verschoben und besteht mit geringer Intensität auch in der Technikdidaktik weiter.

Die bedeutenden Erfahrungen und Erkenntnisse der damaligen Forschung und Praxiserprobung stellen gewissermaßen einen Schatz dar, der auf seine Wiederentdeckung wartet.

Werken und Sachunterricht als Ort des Unterrichts über Technik in der Primarstufe

Einem eigenständigen Fach Technik in der Primarstufe steht die Forderung nach dem Klassenlehrerprinzip entgegen. Ohne auf die Diskussionen, ob dies sinnvoll ist, einzu-



gehen, kann festgestellt werden, dass Unterricht über Technik in Deutschland in zehn der Bundesländer vom Sachunterricht übernommen wird. In den anderen Bundesländern (z.B. Sachsen, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern mit dem Fach Werken) werden in den Bildungsplänen Kernbereiche der technischen Bildung im Primarstufenbereich durchaus als eigenständiges Fach repräsentiert. Nur im Bundesland Schleswig-Holstein gibt es Technikunterricht in der Primarstufe. Die Curricula unterscheiden sich, wie in Deutschland durch die Länderhoheit im Bildungsbereich nicht anders zu erwarten.

Ein Beispiel für einen Lehrplan des Faches Werken

Der Lehrplan Werken im Freistaat Sachsen orientiert sich an der Didaktik des mehrperspektivischen Ansatzes. Er wird hier dargestellt nach der Fassung von 2004 mit den Überarbeitungen von 2009 (Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2009). Struktur und Inhalte des Lehrplans werden im Folgenden komprimiert dargestellt.

Allgemeine fachliche Ziele

- Erwerb von Wissen über technische Zusammenhänge und technologische Vorgänge sowie über Werkstoffeigenschaften und Werkzeuge,
- Entwicklung von Fähigkeiten zum Untersuchen ausgewählter technischer Objekte,
- Entwicklung feinmotorischer und grundlegender manuell-technischer Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Strukturierung

Von einer mehrperspektivischen Sicht auf Technik ausgehend, werden die für Schüler und Schülerinnen erfahrbaren Bereiche Bauwesen, Verkehrswesen, Ver- und Entsorgung unter folgenden Schwerpunkten thematisiert:

- (1) Analysieren technischer Objekte und einfacher Konstruktionen,
- (2) Herstellen von Werkstücken und Kennenlernen von Werkstoffen und Fertigungsverfahren

Der Schwerpunkt (1) „Analysieren technischer Objekte und einfacher Konstruktionen“ wird erfasst in den Lernbereichen:

- Entdecken von Technik im Alltag,
- Bauen stabiler Konstruktionen und
- Nutzen von elektrischem Strom.
- Warten und Pflegen technischer Objekte

Der Schwerpunkt (2) „Herstellen von Werkstücken und Kennenlernen von Werkstoffen und Fertigungsverfahren“ wird erfasst in den Lernbereichen:

- Umgehen mit Material und Werkzeug,
- Planen und Herstellen eines Gegenstandes sowie Vergleichen von Werkstoffen und Herstellen eines Produkts.

Von besonderer Bedeutung ist die inhaltliche Vernetzung der Lernbereiche.

Lernbereiche (mit Unterrichtsstundenzahl)

Die Inhalte werden in Lernbereichen mit Richtstundenzahlen angegeben.

Klassenstufen 1/2

Lernbereich 1: Entdecken von Technik im Alltag (8),
 Lernbereich 2: Umgehen mit Material und Werkzeug (34),
 Lernbereich 3: Bauen stabiler Konstruktionen (8),
 Lernbereiche mit Wahlpflichtcharakter (4),

Wahlpflicht 1: Eine praktische Erfindung: Das Rad

Wahlpflicht 2: Vom Töpfern

Wahlpflicht 3: Vom Nutzen textiler Werkstoffe

Klassenstufe 3

Lernbereich 1: Nutzen von elektrischem Strom (10),
 Lernbereich 2: Planen und Herstellen eines Gegenstands (15),
 Lernbereiche mit Wahlpflichtcharakter (2),

Wahlpflicht 1: Traditionen in der Region

Wahlpflicht 2: Technische Erfindungen gestern und heute

Wahlpflicht 3: Brücken, Türme und Mauern

Klassenstufe 4

Lernbereich 1: Warten und Pflegen technischer Objekte (8),

Lernbereich 2: Vergleichen von Werkstoffen und Herstellen eines Produkts (17),

Lernbereiche mit Wahlpflichtcharakter (2),

Wahlpflicht 1: Technik in der Freizeit

Wahlpflicht 2: Werkstoffe haben Klang

Wahlpflicht 3: Bewegungen weiterleiten

Genannt werden in der Hinweisspalte auch:

- konkrete Objekte wie z.B. Kufen, Räder, Flügel, Achse, Welle, Rad, Wasser- und Windrad, Papierflieger, Türme, Brücken usw.
- Fertigkeiten wie Untersuchen, Skizzieren, Arbeitsschritte planen, Kriterien festlegen, Vergleichen usw.

Bewertung

Der Lehrplan „Werken“ des Bundeslandes Sachsen baut seine Hinweise zur unterrichtlichen Verwirklichung in zwei Ebenen auf. Die „Lernbereiche“ sind von ihrem Zuschnitt an bildungshaltigen kulturellen Sachverhalten und an alltäglichen Lebenssituationen orientiert. Mit ihnen sollen sich die Kinder analysierend, in Stand haltend und herstellend auseinandersetzen. Dieser Weg, Lernen zunächst nicht an fachtechnischen Kategorien, sondern an Lebensvollzügen auszurichten, entspricht dem Grundgedanken des mehrperspektivischen Ansatzes, der Technik als Weltgestaltung in ihren personalen, sozialen und naturalen Dimensionen erschließbar machen möchte. Unglücklich ist die Wahl der Fachbezeichnung, weil damit kein Gegenstandsbereich genannt wird, sondern eine nicht näher bestimmbare Form technischen Handelns¹².

Perspektivrahmen der Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts (GDSU)

Die Didaktik des Sachunterrichts ist in einer ähnlichen Situation wie die des Technikunterrichts. Landestypische Formulierungen sind zur Genüge vorhanden, allein sie sind heterogen, an politischen Entscheidungen ausgerichtet und oft mit seltsamen regionaltypischen Besonderheiten ausgestattet. Allerdings gibt es auch hier einen bundesweiten Fachverband, die *Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts* (GDSU), die den Stand der fachdidaktischen Diskussion über die Landesgrenzen hinaus zusammengetragen und im sogenannten Perspektivrahmen formuliert hat.

¹² Die Bewertung des sächsischen Lehrplans wurde von Binder (persönliche Mitteilung) übernommen

Sachunterricht muss nach diesen Ausführungen „Schülerinnen und Schüler darin unterstützen, sich die natürliche, soziale und technisch gestaltete Umwelt bildungswirksam zu erschließen und dabei auch Grundlagen für den Fachunterricht an weiterführenden Schulen ... legen“ (GDSU, 2006, S. 2). Daher werden für den Sachunterricht fünf Perspektiven zur Auswahl der Themen und Inhalte des Unterrichts im „Spannungsfeld“ zwischen Erfahrungen der Kinder und fachlich gesichertem Wissen formuliert:

- sozial- und kulturwissenschaftliche Perspektive,
- raumbezogene Perspektive,
- naturbezogene Perspektive,
- technische Perspektive und
- historische Perspektive.

Diese Perspektiven sind nicht unabhängig voneinander zu interpretieren, sondern zu vernetzen (GDSU, 2006, S. 3).

In den Ausführungen wird die Bedeutung der Kompetenzorientierung zurückgenommen mit dem Hinweis: „Kompetent sein, heißt kompetent für etwas zu sein“ (GDSU, 2006, S. 4). Ausdrücklich wird verwiesen auf die „normative Orientierung ...“, die sich bildungstheoretisch unter Berücksichtigung der Entwicklungsaufgaben von Kindern im Grundschulalter begründen muss“ (GDSU, 2006, S. 4).

Die im Perspektivrahmen enthaltene technische Perspektive des Sachunterrichts und die darin aufgeführten Ziele, Kompetenzen und inhaltlichen Beispiele werden in Kap. 4.1.2 dargestellt.

Didaktische Netze nach Kahlert

Eine interessante Variante oder Weiterentwicklung des Perspektivrahmens legt Joachim Kahlert (2005) vor. Sein Ansatz hat in Bayern große Akzeptanz im Bildungsplan und der Lehrerbildung gewonnen. Kahlert formuliert in seinem Ansatz neun statt fünf Perspektiven. Seine Einteilung ist in Bezug auf die Erschließung der technischen Wirklichkeit jedoch ein Rückschritt. Er integriert Technik zusammen mit Naturwissenschaft in einer gemeinsamen Perspektive, die er „physikalisch-chemisch-technische Perspektive“ nennt. Neben diese stellt er eine zweite, die er „biologische Perspektive“ nennt. Er distanziert sich damit von der Unterscheidung „kausal – final“, die üblicherweise zwischen Technik und Natur gezogen wird und ersetzt dies durch eine Kategorisierung „unbelebte, gestaltete Welt – Formen und Vielfalt des Lebens“.

Unabhängig davon und vielen anderen Aspekten, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, ist er mit dem Perspektivrahmen der GDSU in einem Punkt einig. Eine bloß lebensweltliche Konstruktion der Wirklichkeit ist ihm zu banal und nicht wert, Unterricht genannt zu werden. Er fordert, dass das Wissen der Kinder mit fachlich gesichertem Wissen in Verbindung gebracht werden muss und fordert einen Unterricht, welcher das Wissen der Kinder so weiterentwickelt, dass es fachlich anschlussfähig wird.

4. Bildungsstandards und curriculare Aspekte des Technikunterrichts im internationalen Vergleich

Die Formulierung von Bildungsstandards im Bereich Technik gibt Aufschluss darüber, welche Ziele mit Unterricht über Technik verfolgt werden. In der folgenden Zusammenstellung werden die Formulierungen in verschiedenen Ländern dargestellt und anschließend analysiert, um daraus eine Empfehlung abzuleiten, die sich auf Bereiche stützt, die weitgehend Konsens in der internationalen Diskussion sind. Dabei wird auf Papiere mit überregionaler Bedeutung zurückgegriffen. Für Deutschland bedeutet dies, auf eine Ausarbeitung der sehr heterogenen Situation in den 16 Bundesländern zu verzichten. Ziel dieser Expertise ist eine am (internationalen) Konsens orientierte Empfehlung herauszuarbeiten.

Im Wesentlichen wurden für die Expertise neben den relevanten Papieren in Deutschland die Länder mit starker Tradition in Technischer Bildung berücksichtigt. Dies sind Schweden, Norwegen, England, USA und mit einigen Abstrichen Finnland und die Niederlande. Andere Länder werden nur noch gestreift, sei es, weil sie stark von einem der genannten Länder beeinflusste Richtlinien haben oder weil aus in diesen Ländern keine ausformulierten Papiere recherchierbar waren.

Die zu Grunde gelegten Texte sind teilweise amtliche Curricula wie z.B. in Schweden, teilweise aber Empfehlungen von Verbänden, die in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich umgesetzt werden wie z. B. Deutschland und USA. Sie bilden keine Didaktik ab, markieren aber dennoch den Stand der Diskussion in den jeweiligen Ländern.

Die Texte wurden von den Verfassern dieser Expertise übersetzt und dabei muss ein Problem genannt und kurz erläutert werden. In Deutschland sind die Begriffe „Konstruktion“ und „Fertigung“ wohl definiert (z.B. Richtlinie VDI, 2007, S. 220 - S. 225). Stark verkürzt gefasst bedeutet Konstruktion die Entwicklung eines Produkts bis zur Fertigungsreife. Sie beginnt bei der Idee zu einem Produkt und endet mit der Beschreibung des Produkts (z.B. einer technischen Zeichnung mit Stückliste). Bei der Fertigung wird das Objekt dann ohne weitere Änderungen nach dem Plan gefertigt. Im englischen Sprachgebrauch ist der Begriff „design“ wohl am ähnlichsten, es gibt aber noch andere Begriffe, die in den Ländern unterschiedlich gebraucht werden, wie z.B. der Begriff „construction“. In der vorliegenden Übersetzung¹³ haben wir immer dann, wenn

¹³ Alle Texte wurden von den Verfassern dieser Expertise übersetzt

erkennbar war, dass der Konstruktions- und nicht der Fertigungsprozess gemeint war, den Begriff Konstruktion gewählt. In Zweifelsfällen entschieden wir uns für den Begriff „Herstellung“.

4.1 Bildungsstandards und curriculare Aspekte in Deutschland

Die Kultusministerkonferenz hat zwar 1997 im sogenannten Konstanzer Beschluss die Entwicklung von bundesweit geltenden Bildungsstandards beschlossen, tatsächlich fertiggestellt wurden jedoch nur wenige und vor allem keine im Bereich Technischer Bildung. Dennoch sind Didaktiker der Aufforderung gefolgt, Vorlagen zu Kompetenzpapieren zu erarbeiten, auf die dann auch zugegriffen werden kann.

In Deutschland sind zwei überregionale Quellen zu nennen: Einerseits die Empfehlungen des Vereins der Deutschen Ingenieure (VDI) und die der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB), des Fachverbands der Technikdidaktiker. Wegen der Einbettung des Unterrichts über Technik in den Sachunterricht wird andererseits auch der Perspektivrahmen der Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts (GDSU), des Fachverbands der Sachunterrichtsdidaktiker, berücksichtigt. Eine Parallel- und Weiterentwicklung des Perspektivrahmens wurde von Kahlert (2005) ausgearbeitet (vgl. Kapitel 3.1.2). Kahlert berücksichtigt in seinem Ansatz die Technische Bildung nicht als eigenständigen Bereich, sondern integriert sie in der Perspektive „unbelebte Natur“; daher wurden seine Ausführungen in dieses Kapitel nicht mehr aufgenommen.

4.1.1 Bildungsstandards und curriculare Aspekte der Sekundarstufe (VDI und DGTB)

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat Bildungsstandards für Technikunterricht formuliert, die allerdings auf den mittleren Schulabschluss bezogen sind (VDI, 2007). Die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) hat diese Standards kritisch gewürdigt¹⁴. Schlagenhauf (2008¹⁵, 2010) kommt zu dem Schluss, dass die aktuellen Formulierungen hinter denjenigen des VDI aus früheren Jahren zurückbleiben, im Bereich der konkreten Unterrichtsplanung möglicherweise brauchbar, aber nur eingeschränkt operationalisierbar (messbar) wären. Vor allem aber kritisiert er die fehlende Angabe von Inhalten und ist sich darin mit Schmayl (2010) einig¹⁶.

¹⁴ Vergl. <http://www.dgtb.de/technikdidaktik/fachdidaktische-literatur/bildungsstandards-technik.html>

¹⁵ Vergl. auch die online verfügbaren Dokumente http://www.dgtb.de/fileadmin/user_upload/Materialien/Didaktik/Vortrag-PHBern-End.pdf

¹⁶ Vergl. auch die Ausführungen im Kapitel Technikdidaktik

Die Bildungsstandards sind nur für die Sekundarstufe 1 formuliert, was ihre Aussage in Bezug auf die vorliegende Expertise schmälert, aber nicht völlig entwertet, da sie im Vergleich mit anderen Ländern, die Technikunterricht von der Grundschule an darstellen, auf der Suche nach einem gemeinsamen Kern durchaus brauchbar erscheinen.

Ausgehend von den folgenden 5 Kompetenzbereichen werden Standards formuliert:

1. *Technik verstehen*: Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden,
2. *Technik konstruieren und herstellen*: Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen,
3. *Technik nutzen*: Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen.
4. *Technik bewerten*: Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen,
5. *Technik kommunizieren*: technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen.

Im Kompetenzbereich „Technik verstehen“ werden folgende Ordnungskriterien durch technikspezifische Merkmale beschrieben (siehe Tabelle 3 aus VDI, 2007, S.9)

Ordnungskriterium	Merkmal
Zweck	Bedürfnisbefriedigung: individuelle, gesellschaftliche, ökologische, ökonomische
Bedingungen	Naturgesetze, soziokulturelle Werte
Gegenstände	Stoff, Energie, Information
Funktionen, Prozesse	Formung, Wandlung, Transport, Speicherung, Schutz, Erhaltung
Systeme	Elemente, Strukturen, Relationen
Prinzipien	Organisation, Planung, Entwicklung, Innovation
Wirkungen	Individuum, Gesellschaft, Natur

Tabelle 3: Kompetenzbereich Technik verstehen: Ordnungskriterien (VDI, 2007, S. 9)

Im Kompetenzbereich „Technik konstruieren und Herstellen“ werden bereichsspezifische „Methoden“ anhand von Beispielen dargestellt (VDI, 2007, S. 9). Der Begriff „Methode“ ist jedoch frei gewählt und korrespondiert nicht mit dem didaktisch verwendeten Methodenbegriff (siehe Tabelle 4).

Methoden	Beispiele
Problem erkennen	Analyse, Beobachtung
Lösungen entwerfen und/oder auswählen	Ideensammlung, Analogiemethode, Black-Box-Methode, Brainstorming, Skizzen, Modellbau, Pflichtenheft
Konstruieren	Baupläne, Schaltpläne, Installationspläne, Zeichnungen, Programmablaufpläne
Planen und Fertigen	Arbeitsorganisation, Arbeitsablaufplan, Einzel-, Serien- und Massenfertigung
Optimieren	Testen, Prüfen, Bewerten, Entscheiden

Tabelle 4: Kompetenzbereich Technik konstruieren und herstellen (VDI, 2007, S. 9)

Die Standards für die Kompetenzbereiche erstrecken sich auf die Altersstufe von 10 bis 16 Jahren (siehe Tabelle 5; VDI, 2007, S. 11). Dennoch ist ein Blick auf die Stufen hilfreich, auch wenn für den Primarstufenbereich andere Stufenausprägungen angemessen sind.

Kompetenzbereiche	Anforderungsniveaus		
	I	II	III
Technik verstehen	Merkmale bekannter technischer Sachsysteme und Prozesse beschreiben	Merkmale technischer Sachsysteme und Prozesse auf ähnliche Systeme übertragen und erklären sowie ihre Wirkungen erläutern	Merkmale komplexer technischer Sachsysteme und Prozesse analysieren und ihre Wirkungen diskutieren
Technik konstruieren und herstellen	Für ein gegebenes technisches Problem eine einfache Lösung unter Anleitung sach- und sicherheitsgerecht fertigen	Für ein technisches Problem eine Lösung selbstständig planen sowie sach- und sicherheitsgerecht fertigen	Für ein selbst erkanntes technisches Problem Lösungen entwerfen, eine Variante begründet auswählen, selbstständig planen, sach- und sicherheitsgerecht fertigen sowie optimieren
Technik nutzen	technische Sachsysteme und Prozesse unter Anleitung zweckentsprechend auswählen, gebrauchen und entsorgen	technische Sachsysteme und Prozesse zweckentsprechend selbstständig auswählen, gebrauchen, pflegen, warten und entsorgen	technische Sachsysteme und Prozesse kriterienorientiert selbstständig auswählen, gebrauchen, pflegen, warten, entsorgen, Fehler suchen und reparieren
Technik bewerten	Vorgegebene Bewertungen von Technik und deren Kriterien nachvollziehen	Vorgegebene Bewertungen von Technik beurteilen und eigene Entscheidungen treffen	Eigene Bewertungen von Technik durch Auswahl geeigneter Verfahren und Kriterien treffen und begründen
Technik kommunizieren	Technische Informationen recherchieren und einfache technische Dokumente lesen und darstellen	Technische Informationen recherchieren und auswählen, sowie einfache technische Dokumente in geeigneter fachsprachlicher/grafischer Form selbstständig anfertigen, präsentieren und auf Aussagen anderer sachgerecht eingehen	Komplexe technische Informationen aus verschiedenen Quellen selbstständig beschaffen, strukturieren sowie in geeigneter fachsprachlicher/grafischer Form selbstständig anfertigen, präsentieren und adressatengerecht diskutieren

Tabelle 5: Anforderungsniveaus für die Kompetenzbereiche (VDI, 2007, S. 11)

Im Hinblick auf die Primarstufe können die konkreten Standards offensichtlich in einigen Kompetenzbereichen nicht in Betracht kommen. Die hier gekürzte Darstellung fokussiert auf die mutmaßlich der Altersstufe angemessenen Beschreibungen. Die An-

forderungsniveaus wurden vom VDI-Papier übernommen, auch wenn sie im konkreten Einzelfall zu hoch angesetzt sein mögen, da im VDI-Papier die Sekundarstufe im Blick war. Die Anforderungsniveaus des VDI-Papiers sind in Klammern bei der jeweiligen Kompetenz angegeben, z.B. in der Form A I (entspricht Anforderungsniveau I; siehe Tabelle 6).

Kompetenzbereich	Standard
Technik verstehen	technische Sachsysteme und Prozesse beschreiben (A I), untersuchen (A II) und wesentliche Elemente, Strukturen und Relationen erklären (A II)
Technik konstruieren und herstellen	ausgehend von einer vorgegebenen Problemstellung ein einfaches technisches Sachsystem unter Anleitung planen (A II) und fertigen (A I) Methoden der Problemerkennung und der Problemlösung auf unterschiedliche Zusammenhänge übertragen (A II), eine technische Lösung konstruieren (A III), fertigen (A I), optimieren (A III) und dokumentieren (A II) Verfahren und Regeln für Fertigung und Gestaltung beschreiben (A I) und anwenden (A II) Materialien zweckdienlich auswählen (A II) und anwenden (A II) Werkzeuge, Geräte und Maschinen sicher und fachgerecht bedienen (A II)
Technik bewerten	im Prozess technischen Handelns Probleme analysieren (A II), beurteilen (A III) und sich für eine Lösung entscheiden (A III) und begründen (A III)
Technik kommunizieren	Ideen und Lösungsvorschläge zu technischen Sachverhalten situations- und adressatengerecht in Skizzen, Zeichnungen und Diagrammen unter Beachtung technischer Regeln dokumentieren (A II) technische Ideen und Lösungen sachlich offen und angemessen diskutieren (A III)

Tabelle 6: Standards der Kompetenzbereiche (VDI, 2007, S. 12-14)

Die im VDI-Papier folgenden Beispiele unterrichtlicher Umsetzung erscheinen schon auf den ersten Blick nur teilweise geeignet für die Primarstufe. Keine Berücksichtigung bei dieser Expertise finden die Aufgaben zur „Umgestaltung eines Hauses“ (im Wesentlichen auf der Basis von Baukonstruktionszeichnungen), „Elektronischer Würfel“ (im Wesentlichen Entwicklung und Fertigung einer elektronischen Schaltung), „Automatische Blumenpflege“ (im Wesentlichen Entwicklung und Fertigung einer computer-gesteuerten Anlage), „Das belebte Haus“ (im Wesentlichen Abstimmung einer SPS¹⁷-gesteuerten Anlage). Relevant für die Altersstufe der Primarschule könnten – wenn

¹⁷ SPS = Speicherprogrammierbare Steuerung

auch mit veränderten Bedingungen, Handlungserwartungen und Materialvorgaben – die Beispiele in Tabelle 7 und 8 sein (VDI, 2007, S. 16 – 21).

Sachgerechte Nutzung eines Haushaltsgeräts	Handlungserwartungen
<p>Handlungsanlass: Technische Geräte erleichtern die Hausarbeit, werden preisgünstig angeboten und können die Lebensqualität der Menschen erhöhen. Um eine zweckentsprechende und sichere Verwendung der Geräte zu gewährleisten, werden stets Bedienungsanleitungen beigefügt. Diese Anleitungen sind allerdings häufig schwer verständlich und bereiten dem Nutzer deshalb Probleme.</p> <p>Aufgabe: Erarbeiten Sie die Bedienungsanleitung für ein im Haushalt genutztes technisches Gerät, die auch eine Funktionsbeschreibung enthält. Diese Ausarbeitung soll Folgendes enthalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellung von Aufbau und Funktionsweise des Geräts (Text, Zeichnung oder Abbildung) ■ Anleitung zur sachgerechten Inbetriebnahme, Verwendung, Außerbetriebnahme und Entsorgung ■ Hinweise zur Fehlersuche und Reparatur ■ Sicherheitshinweise <p>Materialvorgabe: Haushaltsgerät mit Bedienungsanleitung (z.B. Haartrockner, elektrischer Handmixer, elektrische Haarschneidemaschine, Grillmotor, Wäschetrockner der Schule), Digitalkamera zur Dokumentation und ein Computer mit Internetzugang</p>	<p>Analysieren der technischen Merkmale und Angaben des Gerätes, z.B. auf dem Typenschild oder durch Internetrecherchen</p> <p>Erstellen einer Funktionsskizze des Gerätes</p> <p>Benennen der Bauteile und Baugruppen und Erklären deren Funktion in ihrem Wirkungszusammenhang</p> <p>Beschreiben der sachgerechten Verwendung des gewählten Gerätes</p> <p>Entwickeln wichtiger Sicherheitsregeln für den sachgerechten Umgang mit dem Gerät</p> <p>Beschreiben möglicher Funktions- und Bedienungsfehler und deren Ursachen</p> <p>Aufstellen eines Planes zur Fehlersuche und Nennen der Möglichkeiten der Fehlerbehebung</p> <p>Beschreiben der sachgerechten Außerbetriebnahme und Entsorgung</p> <p>Zusammentragen der gesammelten Informationen, Erstellen einer Bedienungsanleitung und Testen ihrer Nutzerfreundlichkeit</p>

Tabelle 7: Aufgabenbeispiel „Sachgerechte Nutzung eines Haushaltsgeräts“ (VDI, 2007, S. 17)

Energiesparschule	Handlungserwartungen
<p>Handlungsanlass: Die Schulkonferenz möchte sich für die Schule um das Label „Energiesparschule“ bewerben.</p> <p>Aufgabe: Erarbeiten Sie für die Teilnahme an dem Wettbewerb gemeinsam ein Konzept, wie der bisherige Energieverbrauch für die Beheizung des Schulgebäudes reduziert werden kann. Wettbewerbsunterlagen, aus denen die Teilnahmebedingungen hervorgehen</p> <p>Materialvorgabe: relevante technische Unterlagen über die Schule Messgeräte</p>	<p>Analysieren des vorgegebenen Problems mit verfügbaren Materialien und Medien</p> <p>Entscheidungen treffen hinsichtlich der Relevanz zu berücksichtigender energetischer Einrichtungen</p> <p>Festlegen der Betrachtungsgrenzen und Planen der weiteren Vorgehensweise</p> <p>Erstellen eines Fragenkataloges („Wer gibt welche Informationen?“) auf der Grundlage der ermittelten Anforderungen aus den Wettbewerbsunterlagen</p> <p>Ermitteln und Analysieren der Ist-Situation anhand der verfügbaren Materialien und/oder Personen</p> <p>Darstellen der Ist-Situation entsprechend der Wettbewerbsvorgaben</p> <p>Ermitteln (evtl. messtechnisch gestützt) möglicher Einsparpotenziale, Bewerten und Ordnen der Einsparpotenziale nach begründeten Kriterien</p> <p>Darstellen der Ergebnisse entsprechend der Wettbewerbsvorgaben</p>

Tabelle 8: Aufgabenbeispiel „Energiesparschule“ (VDI, 2007, S. 18)

Bei direkter Versorgung der Leuchtdiode könnte auch das folgende Beispiel „Taschenlampe“ (siehe Tabelle 9) in Betracht kommen. Zusätzlich müssten die Lötverbindungen durch andere Verbindungstechniken (z.B. Quetschverbindungen) ersetzt werden.

Taschenlampe	Handlungserwartungen
<p>Handlungsanlass: Die Mitglieder einer Elektronik-AG sind von den superhellen Leuchtdioden(LED) so begeistert, dass sie damit eine Taschenlampe selbst bauen wollen.</p> <p>Aufgabenstellung: Stellen Sie die Taschenlampe her.</p> <p>Materialvorgabe: verschiedene Gehäuse, LED, Schalter, 9-V-Batterie, geeignete Platine (35 mm x 35 mm)</p>	<p>Analysieren eines vorgegebenen Musters</p> <p>Erkennen der Vor- und Nachteile des Musters, ggf. Verbesserungsmöglichkeiten beschreiben</p> <p>Recherchieren notwendiger fertigungsbezogener Rahmenbedingungen, z.B. Werkstoffe, Werkzeuge, Bauteile</p> <p>Erkennen von Problemen und Treffen begründeter fertigungstechnischer Entscheidungen</p> <p>Anfertigen einer Skizze und eines Schaltplanes der Taschenlampe und einer Stückliste</p> <p>Fertigen der Taschenlampe mit dem gewählten Gehäuse</p> <p>Testen und Verbessern der Lösung</p>

Tabelle 9: Aufgabenbeispiel „Taschenlampe“ (VDI, 2007, S. 21)

Die Zusammenstellung des VDI ist in vielen inhaltlichen Punkten nicht für die Primarstufe geeignet, aber sie kann als Muster für die Analyse von Vorschlägen aus anderen Ländern dienen. Ihre Struktur stellt gewissermaßen das Suchraster dar, mit dem andere Curricula untersucht werden. Es beginnt mit den Kompetenzbereichen, das heißt, mit den Bereichen, in denen sich Technische Bildung bewähren soll. Sodann werden Standards formuliert, die erkennen lassen sollen, ob sich das Individuum diese Bereiche erschlossen hat und letztlich werden Kompetenzniveaus angegeben, welche das Ausmaß der Erschließung erkennbar machen.

4.1.2 Bildungsstandards und curriculare Aspekte der Primarstufe (GDSU)

Die Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts vertritt die einzige aktuelle überregionale Sachunterrichtsdidaktik, die Technik als eigenständige Perspektive darstellt. In ihrem Perspektivrahmen (GDSU, 2006)¹⁸ formuliert sie grundlegende Ziele, die durchaus als eine Grobform von Kompetenzen aufgefasst werden können.

„Die elementare Technische Bildung soll dazu beitragen, dass Grundschulkindern sich nicht nur als Reagierende und Bedienende erleben, sondern anhand überschaubarer, exemplarischer und für sie bedeutsamer Beispiele (GDSU, 2006, S. 8):

- ihr lebenspraktisches technisches Wissen und Können erweitern;
- grundlegende technische Funktions- und Handlungszusammenhänge verstehen;
- elementare Formen des technischen Handelns erlernen;
- Bedingungsbeziehungen von Technik, Arbeit und Wirtschaft, Naturwissenschaften und Gesellschaft erfahren, darstellen und reflektieren;
- sich mit Folgewirkungen von Technik, z.B. mit Fragen der Umwelt- und Sozialverträglichkeit von Technik beschreibend und bewertend auseinandersetzen;
- geschlechtsspezifische¹⁹ Einstellungen zur Technik thematisieren und Hemmnisse abbauen“.

Im Einzelnen werden folgende Kompetenzen formuliert (GDSU, 2006, S. 19):

1. Wichtige technische Verfahrensweisen anwenden können. Hierzu gehören:
 - ◆ das sachgerechte Verwenden einfacher Werkzeuge und Vorrichtungen und das Herstellen;
 - ◆ das sach- und umweltgerechte Verwenden von Materialien;
 - ◆ das Planen, Bauen, Konstruieren und Nacherfinden;

¹⁸ Der Perspektivrahmen wurde im Verlauf der Anfertigung der Expertise überarbeitet. Grundlage dieses Textes ist die Fassung von 2006.

¹⁹ gemeint sich natürlich „geschlechtstypische“ und nicht „geschlechtsspezifische“ Einstellungen

- ◆ das Montieren, Demontieren und Analysieren;
 - ◆ das zeichnerische und sprachliche Entwerfen und Darstellen;
 - ◆ das Experimentieren;
 - ◆ das Vergleichen und Bewerten.
2. Wichtige technische Zusammenhänge in den Bereichen Arbeit und Produktion, Transport und Verkehr, Ver- und Entsorgung, Bauen und Wohnen; Information und Kommunikation verstehen und erklären können.
 3. Wichtige technische Erfindungen nachvollziehen, in ihrer Bedeutung für die Menschheit erfassen und in einen geschichtlichen Zusammenhang einordnen können.

Es folgen nun inhalts- und verfahrensbezogene Beispiele:

- Werkzeuge und einfache Maschinen als Hilfen für alltägliche Anforderungen (Werkzeuge herstellen und nutzen, Funktionsweise von Werkzeugen, Geräten und Maschinen, z.B. von Automaten wie Waschmaschine im Haushalt);
- Funktionsweise und Nutzen von Gebrauchsgegenständen und Spielzeugen (Bügel-eisen, Fahrzeuge);
- Wirkung, Wandlung, Übertragung und Nutzung von Kräften (Naturkräfte Sonne, Wind und Wasser, elektrische Energie, Arbeitsmaschinen);
- Ver- und Entsorgung (Wasser, Klärwerk, Müll, Nahrungsmittel und ihre Konservierung, Papierrecycling);
- technische Artefakte als bedürfnisorientierte Problemlösungen (Bauwerke, Kran, Wind- und Wassermühle);
- Fertigungsverfahren (Einzel-, Serien- und Massenfertigung);
- Konservierungsverfahren, Verarbeitungsgrade bei Lebensmitteln (Rohware, Teilfertig- und Fertigprodukte);
- Erfindungen und Kulturleistungen der Menschheit (Rad, Buchdruck, Konservierung von Lebensmitteln, Papier, Fahrzeuge, Kommunikations- und Informationsmedien, wie z.B. der Computer);
- geschichtliche Entwicklung technischer Geräte und Systeme (z.B. Bohrgeräte, Waschmaschinen, Verkehrsmittel);
- Berufe und Arbeitsstätten (z.B. Backen zu Hause, in der Bäckerei, in der Brotfabrik);
- Arbeit und ihre Bedeutung für die Menschen (Hausarbeit, Schularbeit, Erwerbsarbeit, Arbeitslosigkeit, unbezahlte Arbeit);

- technische Veränderungen / Entwicklungen im Vergleich von früher und heute und in ihren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (z.B. Backen, Waschen, Hausbau, Papierherstellung früher und heute).

Kompetenzen in Hinblick auf technische Verfahren:

- einfache Werkzeuge und Vorrichtungen sachgerecht und sicher verwenden (z.B. Hammer, Zange, Säge, Messer, Schere, manuelle Bohrmaschine, Reißzeug);
- etwas herstellen (Papier, Gefäße aus Ton, Buchstütze, Spielzeuge, z.B. ein Fahrzeug aus Holz nach eigenen Entwürfen und nach Vorgaben);
- Bauen und Konstruieren (z.B. Kran, Wasser- und Windräder, eine Beleuchtungsanlage, historische Arbeitsmaschinen, z.B. ein wassergetriebenes Hammerwerk, Brücken, Türme, Gebäude, Messgeräte, z.B. eine einfache Waage, ein Windmessgerät);
- Entwürfe und Lösungen zeichnerisch und sprachlich darstellen;
- etwas montieren, demontieren, analysieren (z.B. Montieren, Reparieren einer Beleuchtungsanlage am Fahrrad, Analysieren des Getriebes am Fahrrad, Montieren der Bereifung, Analyse der Funktionsweise der Fahrradklingel, Analyse der Funktionsweisen bei Fön, Bügeleisen, Handbohrmaschine, Luftpumpe);
- durch einfache technische Experimente grundlegende technische Wirkungsprinzipien erkunden (z.B. Zahnradübersetzungen, stabile Grundformen);
- technische Entwicklungen vergleichen (z.B. Arbeit auf einem modernen Bauernhof, mit Bauernhof früher vergleichen; analog Brotfabrik, Bäckerei, Brotbacken zuhause);
- die Folgen des technischen Wandels bewerten (Zeitungsdruckerei früher und heute, Schreibmaschine, Computer).

4.1.3 Bildungsstandards im Elementarbereich

Für den Elementarbereich liegen in Deutschland keine etablierten Bildungsstandards für die Technische Bildung vor. Einen Bezugsrahmen bieten die Bildungs- und Orientierungspläne der Bundesländer. In vielen Bildungsplänen für den Elementarbereich wurden in den letzten Jahren Aspekte technischer Bildung aufgegriffen (für eine Übersicht siehe Fthenakis, Wendell, Daut, Eitel & Schmitt, 2009). Allerdings bieten die frühkindlichen Bildungs- und Orientierungspläne hierzu kaum systematische Ausformulierungen von Zielen oder Kompetenzbereichen. Die Empfehlungen für Zieldimensionen in Kapitel 5 dieser Expertise sind der Versuch einer differenzierten Beschreibung für Zielbereiche technischer Bildung, die für Kinder im Kita- wie im Grundschulalter gelten können.

4.2 Bildungsstandards und curriculare Aspekte des Unterrichts über Technik in anderen Ländern

Das Problem, dass Technik nicht als ein eigenständiger Bildungsbereich verstanden wird, ist auch in anderen Ländern verbreitet. Im Primarstufenalter ist gelegentlich auch die Variante anzutreffen, die technische Inhalte sowohl als Erschließung technischen Welt als auch als eine Form des künstlerischen Gestaltens darstellt (z.B. in Schweden in Form von zwei Fächern und in Norwegen in einem Fach). Es gibt aber eine Reihe von Ländern, in denen Technik als eigenständiger Lernbereich aufgefasst wird. Dies ist vor allem in Skandinavien und den angelsächsischen Ländern der Fall. Weltweit kommen sicherlich noch weitere dazu, deren Analyse uns aus sprachlichen Gründen nicht möglich war. Wir beschränken uns daher auf wenige Länder, deren Curricula gut recherchierbar und aktuell sind. Die Analyse hat gezeigt, dass die Curricula in einigen Aussagen stark konvergieren und sich ein im Kern deutlich erkennbares didaktisches Konzept über Kompetenzen im Unterricht über Technik erkennen lässt, auch wenn die Randbereiche dieses Konzepts divergieren oder diffus sind.

Es kann daher angenommen werden, dass zumindest in den westlichen Industriestaaten – sofern überhaupt Curricula zur technischen Bildung vorliegen – keine wesentlich anderen Kernvorstellungen formuliert werden. Diese Expertise stützt sich in ihrem internationalen Teil auf die Analyse der Curricula der Länder Schweden, Norwegen, England, Vereinigte Staaten von Amerika und Finnland.

4.2.1 Schweden

Schweden hat eine lange Tradition in Unterricht über Technik. Die in den 1870er-Jahren gegründete Slöjd-Bewegung, eine am Handwerklichen orientierte Bildungsrichtung, welche die Persönlichkeitsbildung zum Ziel hatte, beeinflusste nicht nur ganz Skandinavien, sondern auch weitere Teile Europas und die USA.

Auch heute noch ist das Curriculum über Slöjd (in der englischen Fassung „Crafts“ genannt) Bestandteil des Pflichtunterrichts in der Grundschule, es wurde aber auch ein neues Fach Technik (in der englischen Fassung „Technology“ genannt) eingerichtet, welches neben Slöjd besteht. Slöjd ist ebenso wie Technik an der kreativen Gestaltung von Objekten orientiert, aber unübersehbar unter ästhetischen Gesichtspunkten. Es bestehen viele Parallelen zum Technikunterricht und in weiten Teilen liest sich das Curriculum von Slöjd und Technik sehr ähnlich – die Zielrichtung ist aber eine andere. Eine Formulierung wie: „Produkte herzustellen und Material mithilfe von Werkzeugen zu bearbeiten, ist eine Möglichkeit der Menschen, den eigenen Gedanken Ausdruck zu

verleihen“ (SNAE 2011, S. 203), ist eine typische Slöjd-Formulierung. Im Technik-Curriculum ist der Schwerpunkt ein anderer, es geht um Orientierung und Handlungsfähigkeit in der objektiven, äußeren technischen Welt und weniger um die Objektivierung der subjektiven, inneren Welt der Person.

Die folgenden Angaben stammen aus der neuesten Fassung des Curriculums zum Technikunterricht der Swedish National Agency for Education (SNAE) die in Schweden Skolverket genannt wird. Wiedergegeben sind die Schuljahre 1 bis 6.

Das Curriculum beschreibt das Ziel (Aim) und die zentralen Inhalte (Core content) des Technikunterrichts und formuliert Wissensanforderungen (Knowledge requirements).

Ziele

Auf der allgemeinen Zielebene soll Technikunterricht den Lernenden helfen, ihr technisches Wissen und ihre Wahrnehmung von Technik zu entwickeln, damit sie sich in der technisch geprägten Welt orientieren und dort handeln können. Der Unterricht soll den Lernenden helfen, Interesse für Technik und ihre Fähigkeit, bewusst und innovativ mit technischen Herausforderungen umzugehen, zu entwickeln.

Im Einzelnen sind die Ziele weiter aufgeschlüsselt und werden hier stichwortartig wiedergegeben (SNAE 2011, S. 254ff). Allen aufgeführten Zielen ist gemeinsam die Ausrichtung am Gedanken des selbstgesteuerten Lernens; der Unterricht soll den Lernenden helfen, diese Ziele selbst zu erreichen.

- Wissen über Technik im Alltag,
- Wissen, wie man unterschiedliche Probleme löst,
- eigene technische Ideen und Lösungsmöglichkeiten entwickeln,
- Bedeutung der Technik verstehen,
- Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten zur Abschätzung technischer Lösungen,
- Wissen über die geschichtliche Entwicklung der Technik,
- Verstehen komplexer technischer Erscheinungen und Zusammenhänge,
- Kenntnis des Einflusses der Technik auf die Gesellschaft,
- Kenntnis des Zusammenhangs von Technik mit anderen Wissenschaften und der Kunst.

Schritt für Schritt werden diese Ziele nun weiter konkretisiert:

Technikunterricht soll im Wesentlichen den Lernenden die Möglichkeit geben, ihre Fähigkeit zu entwickeln,

- technische Problemlösungen aufgrund ihrer Angemessenheit und Funktionsfähigkeit zu identifizieren und analysieren,
- Probleme und Bedürfnisse, die technisch gelöst werden können, zu erkennen und Lösungsmöglichkeiten vorzuschlagen,
- Konzepte und Fachbegriffe zu verwenden,
- die Folgen von unterschiedlichen technischen Entscheidungen für den Einzelnen, die Gesellschaft und die Umwelt abzuschätzen sowie
- die Antriebskräfte der technischen Entwicklung und den Wandel der Technik zu analysieren.

Inhalte

Das Curriculum enthält Aussagen zu Inhalten, die im Unterricht behandelt werden sollen. Dabei ist der Begriff „Inhalt“ zwar eine Übersetzung des Begriffs „content“, was darunter gemeint ist, unterscheidet sich jedoch in weiten Teilen vom Begriff des Unterrichtsinhalts in Deutschland. Diese Inhalte sind gegliedert in jeweils drei Kategorien:

- Technische (Problem)Lösungen,
- Arbeitsmethoden zur Entwicklung von Problemlösungen und
- Technik, Mensch, Gesellschaft und Umwelt.

Wiedergegeben sind stichwortartig die Inhalte der ersten sechs Schuljahre.

Technische Lösungen

1. – 3. Jahr

- Objekte, die mit einfachen Wirkmechanismen wie Hebeln oder Verstrebenungen ihre Funktion erfüllen, wie sie auf Spielplätzen und im Haushalt vorkommen,
- technische Lösungen, die die Natur zum Vorbild haben, wie z.B. eine hohle Hand als ein Modell für einen Behälter,
- Materialeigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Materialien im Unterricht,
- einfache Begriffe und Konzepte, um technische Lösungen zu benennen und zu diskutieren.

4. – 6. Jahr

- Alltagsobjekte, die aus mehreren beweglichen Teilen bestehen, und wie diese Teile verbunden sind, um Kräfte und Bewegungen zu übertragen ,
- wie tragfähige und stabile Konstruktionen wie Häuser und Brücken gebaut werden,
- technische Lösungen mit elektrischen Komponenten, um Geräusche, Licht oder Bewegung zu erzeugen, wie z.B. Alarmanlagen und Blitzanlagen (lightning).
- das Zusammenwirken unterschiedlicher Komponenten in einfachen Systemen, wie z.B. einer Taschenlampe,
- Alltagsmaterial wie Holz, Glas und Beton: Materialeigenschaften und Verwendung,
- einfache Begriffe und Konzepte, um technische Lösungen zu benennen und zu diskutieren.



Problemlösungsmethoden

1. – 3. Jahr

- Alltagsobjekte auf Konstruktion, Funktion und Verbesserungsmöglichkeiten untersuchen,
- eigene Konstruktionen mit einfachen Mechanismen,
- einfache Skizzen, bildliche Darstellungen und Modelle.

4. – 6. Jahr

- Phasen: Bedürfnisanalyse, Lösungsvorschläge, Konstruktion und Erprobung,
- eigene Konstruktionen, bei denen Prinzipien der Stabilität und Festigkeit angewendet werden sowie elektrische Verbindungen,
- zeichnerische Dokumentationen in Form von Skizzen und mit Erläuterungen, Plänen, Symbolen, Bemaßung sowie physischen oder digitalen Modellen.

*Technik, Mensch, Gesellschaft und Umwelt*1. – 3. Jahr

- wie Alltagsobjekte an die Bedürfnisse der Menschen angepasst sind,
- wie Alltagsobjekte sich in der Geschichte verändert haben,
- Sicherheit, z.B. im Umgang mit Elektrizität.

4. – 6. Jahr

- technische Systeme im Haushalt und der Gesellschaft wie Verkehr, Wasserversorgung und Entwässerungssysteme sowie Recyclingsysteme. Einige Teile und ihr Zusammenwirken,
- wie sich technische Systeme im Haushalt und in der Gesellschaft in der Geschichte verändert haben und einige Gründe hierfür,
- verschiedene Möglichkeiten des Energiesparens im Haushalt,
- Folgewirkungen technischer Entscheidungen wie Vorteile und Nachteile verschiedener technischer Lösungen.

Wissensanforderungen / Kompetenzniveaus

Unter der Überschrift “Knowledge requirements” werden nun Niveaus entworfen, die beschreiben, in welchem Maße eine bestimmte Qualifikation ausgeprägt sein könnte. Dies soll nur beispielhaft erwähnt werden. In drei Hauptstufen (E, C und A) sowie zwei Zwischenstufen (D und B) werden insgesamt fünf Kompetenzstufen entwickelt, die etwa dem in Tabelle 10 wiedergegebenen Muster folgen. Dabei sind die Zwischenstufen nicht ausformuliert. Es wird nur angegeben, dass bei diesen Zwischenstufen die Kompetenz der vorhergehenden Stufe voll erreicht sowie die meisten der darauffolgenden Stufe befriedigend erreicht sind. Die Kompetenzen beschreiben den Stand nach dem 6. Jahr und nach dem 9. Jahr. Die in Tabelle 10 dargestellten Beispiele sind der unteren Altersstufe bis Klasse 6 entnommen (die gesamte Tabelle ist im Internet veröffentlicht unter <http://www.liu.se/cetis/english/curriculum-knowledge.shtml>).

Stufe E	Stufe C	Stufe A
beschreiben und Beispiele nennen	erklären	erklären
einfach	entwickelt	wohlerwickelt
Beispiele nennen	Zusammenhänge zeigen	Zusammenhänge zeigen
testen	mehrfach testen	systematisch mehrfach testen

Tabelle 10: Wissensanforderungen am Ende des 6. Schuljahrs (SNAE, 2011)

Zusammenfassung der Grundelemente des schwedischen Curriculums

Die naturgegebenen Voraussetzungen und Gesetzmäßigkeiten werden vor allem in der Erkundung von Materialeigenschaften und Wirkmechanismen einfacher Artefakte aus der Umwelt der Kinder thematisiert (Aspekt 1 des Rahmenmodells).

Ein bedeutender Schwerpunkt liegt auf dem Problemlösungsprozess und dem Zusammenhang zwischen Bedürfnis und Artefakt. Der Problemlöseprozess wird in einer idealisierten Ablaufstruktur (Bedürfnisanalyse / Lösungsvorschläge / Konstruktion und Erprobung) aufgeführt (Aspekt 2 des Rahmenmodells).

Auffällig ist die starke Betonung des Bezugs technischer Problemlösungen zu individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnissen (Aspekt 3 des Rahmenmodells). Technik wird häufig nicht nur als einzelnes Artefakt, sondern als System vermittelt.

4.2.2 Norwegen

Ähnlich wie in Schweden besteht auch in Norwegen eine lange Tradition in Unterricht über Technik. Das nationale Curriculum wird vom Ministerium: The Royal Ministry of Education, Research and Church Affairs (TRMERCA) erstellt. Das Fach ist eingebunden in einen sehr allgemeinen und umfassenden „Bildungsplan“ über alle menschlichen Altersstufen in dem Bildung als lebenslanger Prozess nicht nur postuliert, sondern konkret umgesetzt wird. In diesem Bildungsplan werden die verschiedenen Dimensionen menschlichen Seins betrachtet, z.B. der Mensch als humanes Wesen, als gebildetes Wesen, als umweltbewusstes Wesen usw., die zu entwickeln als Wesenszug und Aufgabe des Menschen verstanden werden. Zwei dieser Dimensionen berühren Technische Bildung: der kreative Mensch und der arbeitende Mensch.

Der kreative Mensch

Unter kreativ (TRMERCA, 2006, S. 11) versteht dieser Plan die Fähigkeit, neue Lösungen für praktische Probleme zu finden, indem neue Zugänge und bisher unbenutzte Methoden erprobt werden, durch Erkennen neuer Zusammenhänge, durch Nachdenken und Ausprobieren / Experimentieren, durch die Entwicklung neuer Standards zur Bewertung und Zusammenarbeit oder durch die Schaffung neuer Formen künstlerischen Ausdrucks. Kreative Talente manifestieren sich in neuen und verbesserten Maschinen, Werkzeugen oder Arbeitsabläufen, in den Ergebnissen von Arbeit und Forschung, in verbesserten Kriterien zur Abschätzung und Beurteilung, in Gebäuden, Gemälden, Musik, Tanz und Poesie. Die starke Affinität zu dem, was man als Technik verstehen kann, ist unverkennbar.

Der arbeitende Mensch

Arbeit (TRMERC, 2006, S. 14) wird nicht als bloßes Mittel zum Broterwerb aufgefasst, sondern als der menschlichen Persönlichkeit innewohnend, um Fähigkeiten zu erproben, zum Ausdruck zu bringen und zu erweitern. Technik wird instrumentell verstanden als die Mittel, die sich die Menschen ausgedacht haben, um ihre Ziele zu erreichen, die Arbeit zu erleichtern und besser zusammenzuarbeiten. Bildung muss es dem Individuum ermöglichen, durch Beobachtung der praktischen Auswirkungen seiner Entscheidungen zu lernen. Praktische Arbeit und Ausbildung muss daher ein wichtiger und integraler Teil der Bildung sein.

Diese sehr allgemeinen Formulierungen konkretisieren sich in fachspezifischen Curricula mit ausformulierten Kompetenzen und Angaben über die zu unterrichtende Stundenzahl. Das Norwegian Directorate for Education and Training (NDET, 2006) hat Curricula für die schulische Bildung herausgegeben, und das Curriculum „Arts and Crafts“ greift eine traditionelle Struktur auf, die in der technischen Bildung immer wieder eine Rolle spielt. Kunst und Handwerk gelten als die beiden unterschiedlichen Ausprägungen der gestaltenden Auseinandersetzung des Menschen mit der Welt. Ihre „Hervorbringungen“ (Ropohl, 1991) sind materiell, dienen aber unterschiedlichen Zwecken: Kunst dient der Erbauung und Technik der Erfüllung von Wünschen und Bedürfnissen. Was in Schweden noch als zwei getrennte Fächer firmiert, ist hier in ein Fach integriert. Die folgenden Ausführungen sind dem aktuellen Curriculum entnommen. Es ist in mehreren Altersstufen (Unterrichtsjahre) gegliedert und gibt in den Jahrgangsstufen 1 bis 10 Unterricht im Umfang von 627 Vollzeitstunden über Arts and Crafts vor. Vorgeesehen sind die Bereiche: Visuelle Kommunikation, Design, Kunst, Architektur. Als für die vorliegende Expertise relevanten Bereiche wurden Design und Architektur näher untersucht und zusammengefasst dargestellt.

Curriculum Arts and Crafts: Design

Design ist beschrieben als Weitergabe der Handwerkstradition. Es befasst sich mit der Herstellung von Objekten und umfasst sowohl die Arbeit mit Material als auch mit Zeichnungen und Modellen. Die Entwicklung von Ideen, technischen Zeichnungen, Gegenständen etc. sind Schlüsselemente. Vertrautheit mit Materialien, dem Problemlösen und dem Herstellungsprozess kann die Basis für Innovation und eine unternehmerische Einstellung sein.

Kompetenzen nach 2 Jahren:

- einfache Objekte herzustellen und Entwürfe aus Papier und Textilien durch Zerreißen, Schneiden, Kleben und Flechten herzustellen.

- einfache Objekte aus Ton herzustellen,
- mit einfachen geometrischen Körpern zu bauen,
- einfache Artefakte zu identifizieren und zu beschreiben.

Kompetenzen nach 4 Jahren:

- einfache Artefakte zu planen und herzustellen,
- durch Stricken, Weben, Filzen, Nähen, Nageln, Schrauben von/mit verschiedenen Materialien Objekte herzustellen,
- einfache geeignete handgeführte Werkzeuge bei der Arbeit mit Ton, Textilien, Leder und Holz zu verwenden,
- mit einfachen geometrischen Körpern zu experimentieren beim Bau und der Verwendung als dekorative Elemente,
- zu untersuchen, darzustellen und zu präsentieren, wie einfache Artefakte, vom Stadium der Idee bis zum fertigen Produkt, Gestalt angenommen haben.

Curriculum Arts and Crafts: Architektur

Architektur bedeutet die Erkenntnis, wie die üblichen Arten zu bauen, sowohl Innenbau als auch Fassade, unser tägliches Leben beeinflussen kann. Zeichnen und die Anfertigung von maßstabsgetreuen Modellen gehören zu den zentralen Inhalten und bilden die Grundlage zur Ausprägung der dreidimensionalen, auf Zeichnungen und Computeranimationen gestützten Raumvorstellung.

Kompetenzen nach 2 Jahren

- einfache Modelle von Häusern aus Naturmaterialien herzustellen,
- Front- und Seitenansicht von Häusern aus der Umgebung zu zeichnen,
- über ihre Wahrnehmung unterschiedlicher Häuser und Plätze in der unmittelbaren Umgebung zu sprechen.

Kompetenzen nach 4 Jahren

- mithilfe von digitalen Werkzeugen und einfachen Handwerkstechniken Häuser und Räume zu planen und zu bauen,
- Frontansicht, Seitenansicht und Draufsicht von Häusern und Räumen zeichnen zu können,
- über Straßen, Plätze und Gebäude der nahen Umgebung mit unterschiedlichen Funktionen sprechen zu können.

Zusammenfassung der Grundelemente des norwegischen Curriculums

Die naturgegebenen Voraussetzungen und Gesetzmäßigkeiten werden bei der Entwicklung von Vertrautheit mit Materialien und Handwerkzeugen thematisiert (Teile des Aspekt 1 des Rahmenmodells). Der Problemlösungsprozess sowie seine Darstellung und Präsentation nimmt einen großen Raum ein. Er umfasst den Weg von der Idee zum fertigen Produkt. Besonderen Wert wird auf die graphische, z.T. auch digitale Kommunikation gelegt. Die Vielfalt möglicher Lösungsmöglichkeiten, verbunden mit der Entwicklung von Kriterien zur Beurteilung dieser Lösungen, ist fundamental verankert (Aspekt 2 des Rahmenmodells). Auffällig ist die starke Betonung der Technik als materieller Ausdruck der individuellen Persönlichkeit. Durch die geschaffenen Objekte verleiht der Mensch seiner Persönlichkeit Ausdruck, die gesellschaftliche und kulturelle Einbindung wird weniger betont (Aspekt 3 des Rahmenmodells).

4.2.3 England

Mit England folgt ein weiteres europäisches Land, bei dem Unterricht über Technik in der Grundschule verankert ist. Die Bildungspläne werden zentral vom Department for Education (DfE) herausgegeben. Das Fach heißt Design and Technology und besteht neben und unabhängig von Informationstechnologie, Naturwissenschaften und Kunst. Die im Folgenden wiedergegebenen Kompetenzen sind der aktuellen Ausgabe (Stand 2011) des Curriculums von 1999 entnommen (DfE, 1999).

Das Curriculum ist offensichtlich gezielt auf Lehrkräfte zugeschnitten, die damit online arbeiten wollen. Sehr bequem werden Verlinkungen und Verweise auf affine Fächer eingebunden. So wird man auf ähnliche Curricula hingewiesen. „You may be also interested in“, zum Beispiel auf Naturwissenschaften und Kunst (Art und Design). Auch im Curriculum selbst sind Querverweise zu anderen Fächern aufgeführt. Hierin kommt erkennbar zum Ausdruck, dass schulische Bildung als Gesamtheit gesehen wird, ohne die spezifische Eigenart der Fächer aufzugeben.

Kompetenzen

Im Grundschulalter sind Pläne für Key Stage 1 (erstes und zweites Schuljahr, Alter 5 – 7) und Key Stage 2 (drittes bis sechstes Schuljahr, Alter 7 – 11) ausgearbeitet. Jede Stufe wird zunächst kurz beschrieben, dann folgen die Kompetenzen „Wissen, Fertigkeiten und Einsichten“ unterteilt in die vier Grundkategorien:

1. Entwickeln, planen und Ideen austauschen,
2. Arbeiten mit Werkzeugen, Ausrüstung, Material und Bauteilen (etwa: Halbzeug), um Qualitätsprodukte herzustellen,
3. Bewerten von Prozess und Produkt,

4. Wissen und Verstehen von Material und Bauteilen (engl. knowledge and understanding, damit ist wohl ungefähr das gemeint, was man im Deutschen unter Kenntnis von Materialeigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten versteht).

Als fünfter Punkt werden Beschreibungen des Lernbereichs (Breadth of Study) angefügt.

Kompetenzen Key Stage 1 (1. – 2. Jahr)

In dieser Phase lernen die Schüler schöpferisch zu denken und sich darüber auszutauschen, was sie beim Konstruieren und Fertigen mögen oder nicht mögen. Sie bauen auf ihre Erfahrungen beim Erkunden von Objekten der Umgebung in der frühen Kindheit auf. Sie erkunden, wie vertraute Dinge funktionieren und äußern ihre Ideen sprachlich, zeichnerisch und modellhaft. Sie lernen, wie man sicher konstruiert und fertigt und verwenden möglicherweise Informationstechnik als Bestandteil ihres Konstruierens und Fertigen. Lehrende sollten sicherstellen, dass Wissen und Verstehen beim Entwickeln von Ideen, Planen, Fertigen und Bewerten angewendet werden.

Wissen, Fertigkeiten und Einsichten

(Kategorie: Entwickeln, planen und Ideen austauschen)

1. Schülern soll vermittelt²⁰ werden:

- a. Ideen zu generieren durch Zeichnen aufgrund eigener Erfahrung oder der anderer Menschen,
- b. Ideen zu entwickeln durch Materialbearbeitung und Zusammenfügen von Bauteilen,
- c. über ihre Ideen zu sprechen,
- d. zu planen, indem auf den nächsten Schritt bei der Entwicklung ihrer Ideen hingewiesen wird,
- e. ihre Ideen unter Verwendung einer Vielzahl von Methoden auszutauschen, einschließlich Zeichnen und Modellieren.



²⁰ Im Original: should be taught. Diese Formulierung taucht in jedem Abschnitt auf. Sie bezieht sich offensichtlich auf die Organisation des Unterrichts während in den folgenden Aufzählungen Kompetenzen stehen.

*Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie Arbeiten mit Werkzeugen)*2. Schülern soll vermittelt werden:

- a. Werkzeuge, Verfahren und Materialien zur Herstellung ihres Produkts aus einer vom Lehrer angebotenen Menge auszuwählen,
- b. die Materialeigenschaften sinnlich zu erkunden,
- c. eine Auswahl von Materialien zu messen, anzureißen/zeichnen, auszuschneiden und zu formen,
- d. Material und Bauteile zusammenzufügen und zu verbinden,
- e. mit einfachen Verfahren das Aussehen ihrer Produkte zu verbessern und dabei verschiedene Mittel zu verwenden,
- f. Sicherheitsregeln für Nahrungsaufnahme und Hygiene beachten (es ist interessant, dass zwar die Ernährung – also die orale Aufnahme von Stoffen – und Hygiene erwähnt sind, nicht aber Verletzungsgefahren; im Weiteren verkürzt mit dem Begriff: Sicherheitsregeln vermerkt).

*Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie: Bewerten von Prozess und Produkt)*3. Schülern soll vermittelt werden:

- a. über ihre Ideen zu sprechen, zu äußern, was sie mögen und was nicht,
- b. anzugeben, was sie hätten anders machen können und wie sie in Zukunft besser arbeiten können.

*Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie Wissen und verstehen)*4. Schülern soll vermittelt werden:

- a. Materialeigenschaften (zum Beispiel Papier zu falten, um es belastbarer zu machen, Fäden zu verflechten, um sie tragfähiger zu machen),
- b. wie Mechanismen in unterschiedlicher Weise genutzt werden können (z. B. Räder und Achsen so verbinden, dass eine Drehbarkeit ermöglicht wird).

*Lernbereich*5. In dieser Altersstufe sollen den Schülern Wissen, Fertigkeiten und Einsichten vermittelt werden durch:

- a. Untersuchen und Bewerten verschiedener ähnlicher Produkte (zum Beispiel darüber sprechen, wie sie funktionieren und ob sie ihre Aufgabe erfüllen),
- b. zielgerichtete praktische Aufgaben, die eine Anzahl von Arbeitstechniken, Fertigkeiten, Verfahren und Kenntnisse entwickeln,
- c. Herstellen von Entwicklungsarbeiten mit einer Auswahl an Materialien – einschließlich Nahrungsmitteln – und Teilen, die zu einem Produkt zusammengefügt werden können, auch Textilien.

Zu diesen Kompetenzen und Inhaltsbeschreibungen gibt es eine Anzahl von Erläuterungen und Querverweisen zu anderen Fächern. Neben Verweisen auf den Sprachgebrauch (klare, flüssige Sprache) und Querverweisen zu Informationstechnik (Gebrauch von Computern und Druckern) sind die Verweise in die Fächer Kunst (Arts and design), Naturwissenschaft und Mathematik interessant. Zu den Fächern Kunst und Naturwissenschaften wird z.B. in Bezug auf Materialerkundung verwiesen, zu Mathematik z.B. in Bezug auf Messen und Schätzen.

Kompetenzen Key Stage 2 (3. – 6. Jahr)

In dieser Phase sollen Schüler selbständig oder als Mitglieder eines Teams an mehreren Aufgaben zum Konstruieren und Fertigen arbeiten. Sie stellen Überlegungen dazu an, wozu Produkte da sind und welche Bedürfnisse damit befriedigt werden. Sie planen ihre Vorgehensweise und finden heraus, was gut gelingt und was bei der eigenen Konstruktion oder der von anderen Menschen verbessert werden kann. Sie greifen auf Wissen und Einsichten aus anderen Fächern zurück und verwenden Computer in unterschiedlichen Einsatzformen.

*Wissen, Fertigkeiten und Einsichten**(Kategorie: Entwickeln, Planen und Ideen austauschen)*1. Schülern soll vermittelt werden:

- a. Ideen für Produkte zu entwickeln, nachdem sie darüber nachgedacht haben, wer sie verwenden wird und wozu sie verwendet werden könnten; dabei sollen sie verschiedene Informationsquellen verwenden, einschließlich Informationstechnik,
- b. Ideen zu entwickeln und sie klar auszudrücken; dabei sollen sie eine Liste erstellen, in der sie darlegen, welche Ziele ihr Produkt erreichen soll,²¹
- c. ihr Vorgehen zu planen; dabei sollen sie eine Abfolge von Schritten ggf. mit Alternativen vorschlagen,
- d. die Entwicklungsschritte ihrer Ideen zu kommunizieren und dabei ästhetische Aspekte sowie Verwendung und Zweck des Produkts zu beachten.

*Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie: Arbeiten mit Werkzeugen)*2. Schülern soll vermittelt werden:

- a. die Auswahl von passenden Werkzeugen und Methoden, um ihr Produkt zu fertigen,
- b. alternative Herstellungsmöglichkeiten vorzuschlagen, falls die ersten Versuche fehlschlagen,

²¹ Eine Art Pflichtenheft

- c. Materialeigenschaften sowie die Verwendungsmöglichkeiten von Materialien und Arbeitsschritte zu erkunden,
- d. eine Auswahl von Material zu messen, anzureißen, auszuschneiden und zu formen und Material und Komponenten sorgfältig zusammenzufügen und zu verbinden,
- e. mithilfe einer Auswahl von Finishingtechniken die Stabilität und das Aussehen ihrer Produkte zu verbessern, einschließlich Datenverarbeitungsmitteln (z.B. Zeichensoftware oder CAD²²-Software in Verbindung mit einem Drucker),
- f. Sicherheitsmaßnahmen.

Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie: Bewerten von Prozess und Produkt)

3. Schülern soll vermittelt werden:

- a. den Fortschritt ihrer Arbeit zu überdenken und Möglichkeiten zu finden, ihre Produkte zu verbessern,
- b. vor der Überarbeitung ihrer Produkte Tests durchzuführen,
- c. zu erkennen, dass die Qualität eines Produkts davon abhängt, wie gut es gemacht wurde und wie gut es die angestrebten Zwecke erfüllt (z.B., wie gut die Produkte soziale, ökonomische und Umweltaforderungen erfüllen).

Wissen, Fertigkeiten und Einsichten (Kategorie: Wissen und Verstehen)

4. Schülern soll vermittelt werden:

- a. wie die Charakteristik von Material ihren Gebrauch beeinflusst,
- b. wie Materialien kombiniert werden können, um Eigenschaften zu verbessern (z.B. durch Verwendung von Kartondreiecken an den Ecken eines hölzernen Gestells, um es zu verstärken),
- c. wie Wirkungszusammenhänge genutzt werden können, um unterschiedliche Bewegungen zu erzeugen, dabei sollen sie eine Auswahl von Hilfsmitteln verwenden einschließlich eines Datenverarbeitungsprogramms,
- d. wie elektrische Stromkreise einschließlich einfacher Schalter verwendet werden können, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Lernbereiche

5. In dieser Altersstufe sollen den Schülern Wissen, Fertigkeiten und Einsichten vermittelt werden durch:

- a. Untersuchen und Bewerten einer Auswahl ähnlicher Produkte sowie Nachdenken darüber, wie sie funktionieren, verwendet werden und wie Menschen darüber denken, die sie verwenden,

²² CAD = Computer Aided Design. Gemeint sind Computerprogramme, die den Konstruktionsprozess unterstützen

- b. zielgerichtete praktische Aufgaben, die eine Anzahl von Arbeitstechniken, Fertigkeiten, Verfahren und Kenntnisse entwickeln,
- c. Entwicklungsarbeiten mit einer Auswahl an Material einschließlich elektrischen und mechanischen Komponenten, Nahrungsmitteln, formbare Materialien, steife und flexible Blätter und Textilien.

Es folgen auch hier wieder Hinweise auf andere Fächer, die jedoch nicht weiter ausgeführt werden.

Zielebenen / Kompetenzniveaus

Die Kompetenzen werden nun in neun Niveaustufen gegliedert, wobei die letzte Stufe nicht mit einer Zahl, sondern mit dem Begriff „außergewöhnliche Ausprägung“ (exceptional performance) gekennzeichnet ist. Sie werden hier allerdings verkürzt wiedergegeben.

Stufe 1

Die Schüler haben Ideen und kennen die Eigenschaften ähnlicher Produkte. Ihre Planungen zeigen, dass sie ihre Ideen mit Hilfen in die Praxis umsetzen können. Sie verwenden Bilder und Worte, um zu beschreiben, was sie tun wollen. Sie erklären, was sie gerade machen und welche Werkzeuge sie dabei nutzen. Sie nutzen Material und Werkzeuge, wenn notwendig mit Unterstützung. Sie sprechen über ihre eigene Arbeit und die anderer Menschen in einfachen Worten und beschreiben, wie ein Produkt funktioniert.

Stufe 3

Schüler haben Ideen und erkennen, dass ihre Entwürfe eine Anzahl unterschiedlicher Anforderungen erfüllen müssen. Sie haben realistische Pläne, ihre Ziele zu erreichen. Sie erklären ihre Ideen, wenn sie gefragt werden und verwenden Worte, beschriftete Skizzen und Modelle, um Details ihres Entwurfs mitzuteilen. Sie können sich den Ablauf ihrer Arbeitsschritte vorstellen und wählen passende Werkzeuge, Hilfsmittel, Materialien, Bauteile und Verfahren. Sie verwenden Werkzeuge und Hilfsmittel mit einiger Sorgfalt. Sie können erkennen, wo sich ihre Konstruktion verbessert hat.

Stufe 6

Schüler verwenden eine Anzahl von Informationsquellen und zeigen, dass sie die Form und Funktion ähnlicher Produkte verstehen. Sie fertigen Modelle und Zeichnungen, um ihre Konstruktion zu erkunden und zu erproben, und diskutieren ihre Ideen mit Nutzern. Sie schaffen Pläne, die andere Möglichkeiten ausführen und entwickeln de-

taillierte Kriterien für ihre Konstruktion. Sie arbeiten mit mehreren Werkzeugen, Materialien, Hilfsmitteln und Verfahren und zeigen, dass sie deren Eigenschaften kennen. Sie überprüfen den Arbeitsfortschritt und modifizieren ihre Arbeit durch die Einsichten während des Prozesses. Sie bewerten, wie erfolgreich sie ihre Quellen genutzt haben.

Stufe 9 (außergewöhnliche Ausprägung)

Schüler suchen Informationen, die ihnen helfen sich ihre Konstruktion auszudenken, und erkennen die Bedürfnisse unterschiedlicher Abnehmergruppen. Sie entscheiden bewusst, welche Informationsquelle sie auswählen und verwenden, um ihre Arbeit zu unterstützen. Sie arbeiten nach Planungen, die Zeit und Mittel optimal nutzen. Sie nutzen Werkzeuge, Ausstattung, Materialien und Bauteile mit großer Präzision. Sie fertigen zuverlässige und robuste Produkte, welche den Qualitätsanforderungen voll entsprechen.

Zusammenfassung der Grundelemente des englischen Curriculums

Die drei Aspekte des Rahmenmodells sind im englischen Curriculum bereits als „Grundkategorie“ verankert. Durchgängig werden Materialeigenschaften und Werkzeuge nicht nur auf Einsatzmöglichkeiten sondern auch nach Funktionsprinzipien untersucht (Aspekt 1 des Rahmenmodells).

Großen Raum nehmen die Entwicklung von Ideen im Rahmen des Gestaltungsprozesses und die Planung des Fertigungsprozesses ein. Besonderes Gewicht liegt auf der sprachlichen und graphischen Darstellung der Idee sowie auf der Entscheidungsfindung für ein konkret zu fertigendes Produkt (Aspekt 2 des Rahmenmodells). Ebenso durchgängig werden die Ideen bewertet, aber auch der Prozess von der Idee zum fertigen Produkt ist Gegenstand der Bewertung (Aspekt 3 des Rahmenmodells).

4.2.4 Vereinigte Staaten von Amerika

Ähnlich wie in Deutschland ist in den USA keine zentrale Behörde für verbindliche Standards für den Technikunterricht zuständig. Mit den Veröffentlichungen der weit hin gut angesehenen Organisation International Technology Education Association²³ (ITEA) gibt es aber eine respektable Quelle, die seit vielen Jahren Papiere zur technischen Bildung verfasst. Ihre Publikation Standards for Technological Literacy aus dem Jahre 2007 gibt den aktuellen Stand in den USA wieder. Die folgenden Auszüge beziehen sich auf die Altersstufe der Primarschule in Deutschland (ITEA, 2007).

²³ Inzwischen wurde die ITEA umbenannt in International Technology and Engineering Education Association (ITEEA)

Bildungsstandards

Die Standards für technische Literacy sind in fünf Kategorien eingeteilt:

1. Die Natur der Technik (nature of technology)
2. Technik und Gesellschaft
3. Konstruktion und Fertigung (Design)
4. Fähigkeiten in der technischen Welt
5. Die technisch gestaltete Welt

Jede dieser Kategorien wird in zwei Typen unterteilt: Wissen (cognitive standards) und Können (process standards). Diese beiden Typen werden als komplementär (complementary) betrachtet, in der deutschen Begrifflichkeit in der Tradition der kategorialen Bildungstheorie von Klafki würde man wohl von einer polaren Beziehung sprechen; sie bedingen sich und bringen sich wechselseitig hervor. Dennoch ist auffällig, dass die überwiegende Mehrzahl der Standards wissensbezogen ist. Die Standards umfassen den Altersbereich vom zweiten Schuljahr (K-2) bis zum neunten Schuljahr (K-13). Sie werden für jede Altersstufe beschrieben und prägnant in Benchmarks formuliert. Am Ende ist ein konkreter Unterrichtsvorschlag als „vignette“ angefügt, der allerdings wenig ausgearbeitet ist. In der folgenden Übersicht sind nur die für diese Expertise relevanten Stufen K-2 und Grade 3-5 dargestellt. Die Zahlen in Klammern bezeichnen die Nummer des Standards. Tabelle 11 fasst die umfangreichen Darstellungen (ITEA, 2007, S. 22 – 198) zusammen.

Kategorien	Standards
Die Natur der Technik	Eigenart und Geltungsbereich der Technik (1) Zentrale Konzepte der Technik(2) Zusammenhang der unterschiedlichen Technikformen untereinander und der Zusammenhang zwischen Technik und anderen Gebieten (3)
Technik und Gesellschaft	Kulturelle, soziale, ökonomische und politische Auswirkungen der Technik (4) Auswirkungen der Technik auf die Umwelt (5) Rolle der Gesellschaft bei der Entstehung und Verwendung von Technik (6) Einfluss der Technik auf die Geschichte (7)
Konstruktion und Fertigung (Design)	Kennzeichen von Konstruktion und Fertigung (8) Konstruktiv tätig sein (9) Die Rolle von Problemlösen, Forschung und Entwicklung, Erfindung und Erneuerung sowie Experimentieren im Konstruktions- und Fertigungsprozess (10)
Fähigkeiten in der technischen Welt	Anwendung von Konstruktion und Fertigung (11) Gebrauch und Wartung von technischen Produkten und Systemen (12) Folgeabschätzung von technischen Produkten und Systemen (13)
Die technisch gestaltete Welt	Medizintechnik (14) Landwirtschaftstechnik und verwandte Biotechnologien (15) Energietechnik (16) Informations- und Kommunikationstechnik (17) Transporttechnik (18) Produktionstechnik (19) Konstruktionstechnik (20)

Tabelle 11: Überblick über die Kategorien der Bildungsstandards und die zugeordneten Standards (in Anlehnung an ITEA, 2007, S. 15)

Im Folgenden werden die Standards etwas ausführlicher beschrieben (nur Kindergarten bis sechstes Schuljahr): Die Standards sind in Form von Statements dargestellt, die keinesfalls operationalisiert sind. Am Beispiel der Kategorie „Natur der Technik“ sind im Folgenden diese Statements für die Standards 1 bis 3 wiedergegeben. Als Beispiel für weitere Standards werden aus der Kategorie „Konstruktion und Fertigung“ die Standards 8 bis 10 kurz dargestellt.

Kategorie: Natur der Technik:

a) Eigenart und Geltungsbereich der Technik (1):

Natürliche Welt und von Menschen geschaffene Welt sind unterschiedlich. Alle Menschen benutzen Werkzeuge und Verfahren, um etwas zu erledigen. Naturgegenstände und technische Gegenstände unterscheiden sich in ihrem Entstehungs- und Verwendungszusammenhang. Kreatives Denken sowie ökonomische und kulturelle Einflüsse gestalten die technische Entwicklung.

b) Zentrale Konzepte der Technik (2):

Zentrale Konzepte sind: System, Ressourcen, Voraussetzungen, Optimierung und Abwägung widerstreitender Faktoren, Prozess und Steuerung. Es gibt natürliche und technische Systeme. Ein Untersystem ist ein System, welches als Teil eines anderen Systems wirkt. Wenn Teile eines Systems fehlen, kann es möglicherweise nicht wie beabsichtigt funktionieren. In Systemen wirken die Komponenten zusammen, um ein Ziel zu erreichen. Werkzeuge sind einfache Gegenstände, die den Menschen helfen, Ziele zu erreichen. Ressourcen sind Dinge, die benötigt werden, damit etwas erledigt werden kann: Werkzeuge, Maschinen, Material, Information, Energie, Menschen, Zeit, Geld.

Gegenstände können aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein. Materialien haben verschiedene Eigenschaften. Die Menschen planen, um etwas zu bewerkstelligen. Werkzeuge werden benötigt, um technische Gegenstände zu konstruieren, fertigen, gebrauchen und zu bewerten. Werkzeuge und Maschinen erweitern die menschlichen Fähigkeiten, wie z.B. anheben, tragen, befestigen, trennen, rechnen. Voraussetzungen (requirements) begrenzen die Konstruktion und Fertigung eines Produkts oder Systems.

c) Zusammenhang der unterschiedlichen Technikformen untereinander und der Zusammenhang zwischen Technik und anderen Gebieten (3):

Die Auseinandersetzung mit Technik nutzt viele der Fertigkeiten, die auch in anderen Studienbereichen benötigt werden. Dieselben technischen Lösungen werden oft in verschiedenen Objekten eingesetzt. Technische Systeme interagieren oft miteinander.

Ein Produkt, das für einen Bereich entwickelt wurde, kann manchmal auch in anderen Bereichen eingesetzt werden. Wissen anderer Fachbereiche hat direkte Auswirkungen auf technische Produkte und Systeme.

Kategorie: Konstruktion und Fertigung (Design)

a) Kennzeichen von Konstruktion und Fertigung (8):

Jeder ist dazu in der Lage, konstruktiv tätig zu werden. Konstruktion ist kreativ. Der Konstruktionsprozess ist eine Methode, bewusst praktische Problemlösungen zu planen. Technische Lösungen sind eine Abwägung verschiedener Anforderungen. Keine Konstruktion ist perfekt.

b) Konstruktiv tätig sein (9):

Der Konstruktionsprozess umfasst: Problemidentifizierung, Lösungssuche, Entwickeln von Lösungen, Austausch mit anderen über die Lösung. Die Darstellung von Ideen für andere mit Worten, Skizzen und Modellen ist ein wichtiger Teil der Konstruktion.

c) Die Rolle von Problemlösen, Forschung und Entwicklung, Erfindung und Erneuerung sowie Experimentieren im Konstruktions- und Fertigungsprozess (10)

Fragen stellen und beobachten helfen einer Person, zu verstehen, wie etwas funktioniert. Alle Produkte und Systeme fallen irgendwann einmal aus, die meisten können aber wieder repariert werden.

Themen

Am Ende listet das Papier die möglichen Hauptthemen (Major Topics) zu den jeweiligen Standards auf. Diese sind aber in der Regel nicht inhaltlich konkret, sondern lauten etwa wie folgt (gekürzte Darstellung in Tabelle 12):

Kategorie	Standard	Themen (K-2 und Grade 3-5)
Die Natur der Technik	Eigenart	natürlich / künstlich, Mensch und Technik, Werkzeug, Material, Fertigkeiten, kreatives Denken
	Konzepte	Systeme, Ressourcen, Anforderungen, Prozesse
	Zusammenhang	Technik und andere Fächer, integrierte Technik
Technik und Gesellschaft	Auswirkungen sozial	Nützliche / schädliche / unvorhergesehene Folgen
	Auswirkungen Umwelt	Recycling, Entsorgung, positive und negative Folgen
	Entstehung/Verwendung	Wünsche, Bedürfnisse und ihr Wandel, Steuerung der Entwicklung
	Geschichte	Lebensverhältnisse früher, Werkzeuge früher
Konstruktion und Fertigung (Design)	Kennzeichen	Jede/r kann konstruieren, Definition, Konstruktion ist kreativ, Pflichtenheft
	Tätigsein	Konstruktionsprozess, Ideenaustausch, mehrere Ideen berücksichtigen, Modelle
	Problemlösen	Fragen und Beobachten, Lebensdauer, Wartung, Fehlerbehebung, Erfinden, Experimentieren
Fähigkeiten in der technischen Welt	Anwendung	Probleme lösen, etwas herstellen, Herstellungsprozess untersuchen, Informationen sammeln, Lösungen visualisieren, testen und bewerten, Verbesserungen
	Gebrauch	Funktionskenntnis, Werkzeuggebrauch, Symbole im Alltag, Bedienungsanleitung, Computereinsatz
	Folgenabschätzung	Produktqualität, Einfluss der Technik, Ausgleich widerstreben-der Anforderungen
Die technisch gestaltete Welt	Nicht ausgeführt	

Tabelle 12: Zuordnung von Hauptthemen zu den Standards (ITEA, 2007, S. 211ff)

*Zusammenfassung der Grundelemente des Entwurfs der ITEA
(Vereinigte Staaten von Amerika)*

Die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten finden kaum Erwähnung, werden jedoch immanent mitgedacht bei der Erkundung von Material und Werkzeugen (Aspekt 1 des Rahmenmodells).

Die Gestaltungsoffenheit von Problemlösungen nimmt einen zentralen Platz ein. Sie ist klar gegliedert in Problemidentifizierung, Lösungssuche, Entwickeln von Lösungen, Austausch mit anderen über die Lösung (Aspekt 2 des Rahmenmodells).

Stets wird auf den Ausgleich widerstrebender Wünsche und Anforderungen beim Problemlösen verwiesen. Der Zusammenhang zwischen technischem Gestalten und kulturellen Faktoren wird immer wieder betont (Aspekt 3 des Rahmenmodells).

Besonders auffällig sind die Betonung der kognitiven Standards und die stark gesellschaftliche und systemische Ausrichtung des Technikbegriffs.

4.2.5 Finnland

Das Finish National Board of Education (FNBE, 2004) veröffentlicht die Kerncurricula des finnischen Schulsystems. Sie können als knappe Rahmenpläne (Core Curricula) bezeichnet werden, die Schulen selbst haben relativ große Spielräume bei der inhaltlichen und methodischen Ausgestaltung.

Das Fach nennt sich dort Crafts in der englischen Übersetzung bzw. Käsiyö (Birk, 2012).

Die Aufgabe des Technikunterrichts ist es, die handwerklichen Fertigkeiten der Kinder zu entwickeln, damit deren Selbstvertrauen auf dieser Basis wächst und sie Freude und Befriedigung an ihrer Arbeit finden. Zudem soll ihr Verständnis für ihre Verantwortung für ihre Arbeit und den Gebrauch von Material steigen. Sie lernen die Qualität von Material und Arbeit wertzuschätzen und nehmen eine kritische, abwägende Haltung gegenüber ihren eigenen Entscheidungen, Ideen, Produkten und Dienstleistungen ein. Die Aufgaben des Technikunterrichts sollen die Kinder in systematisches, nachhaltiges und unabhängiges Arbeiten einführen und Kreativität, Problemlösefähigkeit und das Verständnis alltäglicher technischer Phänomene sowie ästhetische, technische und psychomotorische Fertigkeiten entwickeln (FNBE, 2004).

Als Ziele für das Grundschulalter werden genannt (Auswahl):

- Kenntnis von Material und Werkzeugen,
- Sicherheitserziehung,
- Entwicklung von handwerklichen Grundfertigkeiten,
- Raumwahrnehmung im Konstruktions- und Fertigungsprozess,
- Beachtung der Ästhetik, von Farben und Formen eines Produkts,
- Herstellung, Wartung und Reparatur von Alltagsgegenständen,
- Übernahme von Verantwortung in ihrem materiellen Umfeld,
- Verständnis dafür, dass Produkte einen Lebenszyklus haben,
- Einführung in Informationstechnologie im Konstruktions- und Fertigungsprozess,
- Bewertung und Wertschätzung ihrer eigenen Arbeit und der Arbeit anderer.

Dabei ist die Auseinandersetzung mit folgenden Unterrichtsinhalten vorgesehen:

- Material, Werkzeug und Arbeitstechniken im Zusammenhang mit textiler und technischer Arbeit,
- Planung und Ausführung individueller Technik-Projekte und, in diesem Zusammenhang, die Anwendung und Erprobung von Arbeitstechniken, Darstellungs-methoden und Fertigungsarten,
- Lokale Produkte, Werkzeuge, Materialien und Handwerkstechniken, die damit zusammenhängenden Interessen und beruflichen Möglichkeiten, technische Erzeugnisse anderer Kulturen, die im lokalen Bereich auffällig sein könnten,
- vertraute Erscheinungen in Natur und gestalteter Umwelt,
- Wartung, Pflege, Reparatur und Wiederverwertung von Produkten.

Am Ende der vierten Klasse sollen die Kinder folgende Ziele erreicht haben:

- unter Anleitung (guidance) kreative Ideen entwickeln; technische Lösungen erproben und ein sinnvolles technisches Produkt konstruieren,
- Material und Werkzeugkenntnis,
- Einhaltung von Sicherheitsregeln und Werkraumordnung,
- persönliche Anerkennung und Wertschätzung der eigenen Arbeit und der Arbeit anderer,
- positive Einstellung gegenüber der eigenen und fremder Kulturen.

Zusammenfassung der Elemente des finnischen Curriculums

Die naturgegebenen Voraussetzungen und Gesetzlichkeiten werden über Materialkenntnis und die Kenntnis von Werkzeugen erarbeitet (Aspekt 1 des Rahmenmodells). Die Gestaltungsoffenheit von technischen Problemlösungen wird durch den Aspekt kreativer Ideen bei der Planung erwähnt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf individueller Kreativität und es wird der Bezug zu kulturellen Gegebenheiten betont – allerdings findet auch der Respekt vor anderen Lösungen und unterschiedlichen kulturellen Traditionen Eingang in das Curriculum (Aspekt 2 des Rahmenmodells).

Die Bewertung der technischen Produkte wird besonders hervorgehoben, hier spielt sowohl die Entwicklung der eigenen Persönlichkeit (Wertschätzung des eigenen Produkts) als auch die Bewertung unter Berücksichtigung ästhetischer und kultureller Aspekte eine Rolle (Aspekt 3 des Rahmenmodells).

Auffällig sind die Zielformulierungen, dass positive Einstellungen angestrebt werden sowie die starke Fokussierung auf handwerkliche Arbeitsformen. Auch die starke Betonung des verantwortlichen Handelns kann hervorgehoben werden.

4.2.6 Andere, sekundär aufgearbeitete Curricula

Einen Überblick über die Situation in ihren Ländern geben die Mitarbeiter des Projekts „Early Technical Education“ SOKRATES, Comenius 2,1 (2007). Dieses Projekt wurde 2007 mit dem Lifelong Learning Award der Europäischen Kommission (Bronzemedaille) ausgezeichnet²⁴.

Situation in Spanien²⁵:

Die Situation in Spanien (Katalonien) wird von Cerveró, Cabellos und Castells (Sokrates, 2007) wie folgt dargestellt. Der Bereich Technik ist im Curriculum der Primarstufe nicht ausdrücklich ausgewiesen. Die Forschungslage bietet „im Bereich der Forschung zu technischer Erziehung in Katalonien ein armes Bild“ (Cerveró et al. in: Sokrates, 2007, Abs. 3). „Wieder einmal beziehen sich die Initiativen zur Verbesserung in Vor- und Grundschulen nur auf ICTs²⁶“ (Cerveró et al. in: Sokrates, 2007, Abs. 4).

²⁴ Die Internetpräsenz gibt weder die Nummer des Projekts noch den Namen der hauptverantwortlichen Person wieder. Im Literaturverzeichnis wird daher die Quelle unter Socrates (2007) aufgeführt.

²⁵ <http://www.earlytechnicaleducation.org/kapitel1barcelona.html>

²⁶ ICT = Information and communication technology

Situation in den Niederlanden²⁷:

Die Situation wird von der Projektgruppe ohne Nennung eines spezifischen Autors dargestellt. Das niederländische Schulcurriculum geht bei der kindlichen Entwicklung u. a. von fünf Basisaktivitäten „Spiel, Konstruktion, Interaktion, Lesen, Schreiben und Mathematik“ aus. Konstruktion als eine typisch technische Erschließungsform gehört also zu den Basisaktivitäten.

Die Zielbeschreibung nennt als Hauptziel (Core Aim) Technische Bildung und unterteilt diese in zwei Kategorien, Herstellung und Analyse von Objekten.

Es werden vier Felder bzw. Systeme der Technik aufgeführt: (1) Konstruktion, (2) Transport, (3) Kommunikation und (4) Produktion.

Das niederländische Schulsystem ist relativ freizügig, soweit die Organisationsform einer Schule betroffen ist. Allerdings werden die erreichten Kompetenzen in landesweiten Tests vom Staatlichen Institut für Testentwicklung (CITO) überprüft.

Für die Technische Bildung wird ein Zusammenhang zwischen Inhalten und Kompetenzen in Tabelle 13 vorgestellt (Sokrates, 2007).

Kompetenzen und Inhalte		Wissen und Kreativität; Konstruieren eines Produkts	Anwendung: Herstellen des Produkts	Reflexion: Analysieren und Bewerten des Produkts
Arbeitsmittel (Werkzeuge, Computer)				
Material und Materialeigenschaften				
Prinzipien in Wissenschaft und Technik	Konstruktion			
	Übertragung			
	Regelung und Steuerung			
	Energie (-übertragung)			
Bedingungen				

Tabelle 13: Zusammenhang zwischen Inhalten und Kompetenzen (Sokrates, 2007²⁸, Abs. 6)

²⁷ <http://www.earlytechnicaleducation.org/kapitel1denhaag.html>

²⁸ <http://www.earlytechnicaleducation.org/chapter1denhaag.html>

Im grundschulrelevanten Alter werden folgende Konkretisierungen gemacht:

Alter 4 bis 6/7 Jahre:

Kinder erfahren technische Objekte als Gegenstände, mit denen sie spielen können. Sie haben keine Vorstellung davon, wie sie hergestellt wurden und welchen Zweck sie haben. Technische Probleme werden in Geschichten oder in einen Alltagsbezug eingebunden. Während der Arbeit steuert die Lehrkraft durch Fragen die Abfolge der Aufgabenstellungen.

Alter 7 bis 9/10 Jahre:

In diesem Alter können Kinder sich bereits mit Konstruktionsproblemen auseinandersetzen. Sie können Zeichnungen mit Lösungsideen anfertigen. Durch Untersuchen von technischem Spielzeug entdecken sie, was ein Flaschenzug, ein Zahnrad usw. ist. Sie können Teillösungen zusammenfügen. Sie erkennen technische Aspekte in ihrer Lebenswirklichkeit.

*Situation in Portugal*²⁹

Auch in Portugal ist die Unterteilung in eine Vorschule (unter 6 Jahren), und eine in mehrere Stufen gegliederte Primarstufe (6 bis 15 Jahre) gegeben.

In der freiwilligen Vorschule stehen persönlichkeitsbildende Aspekte im Vordergrund, allerdings können im Bereich „Weltwissen“ technische Themen aufgegriffen werden. Für den Altersbereich ab 6 Jahren existieren kompetenzorientierte Curricula. Ziel ist der Erwerb einer „technischen Kultur“, deren Ziel die Entwicklung der Schüler in verschiedenen Kontexten und Rollen ist, z.B. als

- individueller Nutzer (Alltagstechnik),
- professioneller Nutzer (Technik und Arbeit) sowie
- sozialer Nutzer (Verstehen, Auswählen und Bewerten von Technik).

Kompetenzen sind u. a. (Sokrates, 2007, Abs. 3, gekürzt):

- Graphen und Diagramme lesen,
- Verbindungen zwischen Technik und der natürlichen und sozialen Umwelt suchen,
- Materialrecycling,
- Anpassen an soziale und technische Veränderungen,
- Montage und Demontage einfacher Objekte,
- Beteiligung am Umweltschutz,

²⁹ <http://www.earlytechnicaleducation.org/kapitel1lisboa.html>

- Funktionsweise eines Objekts oder Systems analysieren,
- Zuverlässigkeit eines Systems beurteilen.

Wirtschaft, Gesellschaft, Kultur, Umwelt und Produkte sind als Dimensionen der „Erziehungsperspektive“ genannt, die Inhalte sind in drei „Hauptachsen“ organisiert: Technik und Gesellschaft; technischer Fortschritt; Konzepte, Prinzipien und logische Operatoren.

Situation in Frankreich

Das Land Frankreich, welches dem Ingenieurwesen den Durchbruch zur akademischen Disziplin verschafft hat und das auf eine lange Tradition von écoles polytechniques zurückblicken kann, sieht nur sehr eingeschränkt verpflichtende technische Inhalte im Primarstufenbereich vor, während im Sekundarstufenbereich Technikunterricht verpflichtend ist. Rasinen (2003) vergleicht die Curricula von sechs Ländern, darunter Frankreich, allerdings ausführlich nur in der Sekundarstufe. Zur Primarstufe führt er aus:

„In Frankreich ist das allgemeine Ziel, Aufklärung über die wechselseitigen Verbindungen zwischen Arbeit, Produkt und menschlichen Bedürfnissen sowie die Auswirkungen der Technik auf die Gesellschaft zu erhalten“
(Rasinen, 2003, S. 35).

Technische Unterrichtsinhalte sind erst in der Altersstufe der 11- bis 15-jährigen Schüler verpflichtend vorgesehen. Einzelne Einheiten können auch in der Grundschule vom Klassenlehrer durchgeführt werden, vor allem einfache Mechanismen, elektrische Schaltungen, Energieerzeugung sowie allgemein Produktionsprozesse (Rasinen, 2003). Die Themen werden häufig mit Informationstechnik / Computer verknüpft.

Zusammenfassung der Fragmente aus den übrigen Ländern

Naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten im Umgang mit Werkzeugen, Materialien und Funktionselementen wie Zahnrädern werden in den Niederlanden ausdrücklich erwähnt. In Portugal ist die Funktionsanalyse von Systemen vorgesehen (Aspekt 2 des Rahmenmodells).

Aussagen über die Bearbeitung der Gestaltungsoffenheit technischer Problemlösungen lassen sich in der sehr komprimierten Quellenlage nicht mit Sicherheit identifizieren (Aspekt 2 des Rahmenmodells).

Die unterschiedlichen Bewertungsmöglichkeiten von Artefakten sind im niederländische Curriculum aufgeführt, allerdings legt die Quellenlage eher nahe, dass sich die Bewertung auf naturale Aspekte wie z.B. die Funktionsweise bezieht und nicht auf individuelle oder kulturelle Wünsche und Bedürfnisse. Klarer herausgearbeitet ist der Bezug zu kulturellen Werten im Curriculum von Portugal (Aspekt 3 des Rahmenmodells). Auffällig sind die starke Produkt- und Funktionsorientierung in den Niederlanden und die starke Ausrichtung auf Menschen als Nutzer von Technik in Portugal. Das portugiesische Curriculum erscheint anspruchsvoller in Bezug auf das Zusammenwirken von Technik und Gesellschaft zu sein. Das von Rasinen vorgetragene, allgemeine Ziel des Technikunterrichts trifft zwar den Kern der wechselseitigen Beziehungen von Mensch und der gestalteten Umwelt, ist aber offensichtlich nicht für die Grundschulaltersstufe vorgesehen.

4.3 Der Design Process als ein wichtiges gemeinsames Element aller untersuchten Curricula und Bildungsstandards

Eine Gesamtschau der Länder lässt erkennen, dass die Vorschläge einen gemeinsamen Kern haben, der mit dem Rahmenmodell (vergl. Kap. 2.2) kompatibel ist. In allen Ländern (mit Abstrichen auch den USA) wird der naturwissenschaftlichen Aspekt betont und die naturgegebenen Eigenschaften von Material sowie die Wirkungsprinzipien von Werkzeugen thematisiert. Die Kommunikation über Artefakte stellt ein weiteres übergreifendes Prinzip dar, wobei der Schwerpunkt meist auf der Darstellung einer Lösungsmöglichkeit liegt. Manche Länder betonen zusätzlich den Kommunikationsprozess bei der Bewertung von Artefakten (z.B. USA). Durchgängig werden sprachliche und graphische Kommunikationsformen erwähnt.

Nicht zum gemeinsamen Kern gehört der Bezug zum Handwerk; die starke handwerkliche Betonung im Finnischen Curriculum stellt eine Ausnahme dar. Im schwedischen Curriculum fehlt der handwerkliche Bezug allerdings vor allem deshalb, weil dieser Aspekt beim Fach Slöjd angesiedelt ist.

Insbesondere der **Design Process** stellt in allen Ländern einen Schwerpunkt dar, in manchen besonders pointiert und auf gesellschaftliche Bedürfnisse und Entscheidungsprozesse ausgerichtet (z.B. England, USA), in anderen eher auf die Erreichung individueller Zielvorstellungen (z.B. Finnland). Der Design Process hat damit eine herausragende Stellung als international gemeinsames Element der untersuchten Curricula und Bildungsstandards. Die Verwendung von Technik, insbesondere von alltäg-

lichen technischen Objekten, die Wartung und Pflege von Gebrauchsgegenständen, ihre sachgerechte Entsorgung sowie die Analyse ihrer Funktion und der mit der Herstellung und Verwendung einhergehenden Folgen gehören ebenso zum gemeinsamen Verständnis (vgl. Kapitel 7.2.).

Der Begriff „Design Process“ wird nicht immer gleich verwendet und er findet sich nicht im deutschen Sprachgebrauch wieder. Daher soll hier eine kurze Definition aufgeführt und die wichtigsten Phasen des Prozesses beschrieben werden.

Definition „Design Process“ nach ITEA (2007, S. 237):

„Eine systematische Problemlösungsstrategie, die bei gegebenen Kriterien und Bedingungen verwendet wird um mehrere mögliche Lösungen zu finden, um ein (technisches) Problem zu lösen oder um (technisch geprägte) Bedürfnisse oder Wünsche zu befriedigen mit der Absicht, die Anzahl der Lösungen im Hinblick auf eine endgültige Lösung zu einguzugrenzen.“

Zu diesem Prozess gehören mindestens folgende Schritte:

- Identifizierung des Problems,
- Festlegung der Kriterien und Bedingungen, die bei der Lösung beachtet werden müssen,
- Entwicklung mehrerer Lösungsvorschläge (Skizzen, schrittweise Umsetzung und Optimierung, Prototyp).
- Bewertung der Lösungsvorschläge unter Berücksichtigung der Kriterienerfüllung,
- Begründete Rangfolge der Lösungsvorschläge.

Dabei soll deutlich werden, dass die Lösung stets das Ergebnis einer Abwägung zwischen der Erfüllung widersprüchlicher Kriterien darstellt (z.B. Preis und Haltbarkeit). Im gesamten Design Process spielt daher die Kommunikation der Kinder untereinander eine wichtige Rolle.

5. Zieldimensionen auf Ebene der Kinder

Dieser Teil der Expertise wendet sich dem Kind zu. Er fasst den aktuellen Kenntnisstand über die Lernvoraussetzungen im Bereich Technik zusammen und formuliert Empfehlungen für Zielkompetenzen technischer Bildung für Kita- und Grundschulkin- der. Da naturwissenschaftliche Lerninhalte bei der Erschließung technischer Sachverhalte auch eine Rolle spielen, sind Überschneidungen mit der Expertise von Anders et al. (2013b) vorhanden. Der Schwerpunkt dieser Expertise liegt auf den typisch tech- nischen Aspekten; Parallelen bzw. Abwei- chungen zu naturwissenschaftlichen Aspek- ten werden an den entsprechenden Stellen kurz erwähnt.



Die Zieldimensionen beschreiben Entwick- lungsdimensionen, auf denen Lernprozesse stattfinden. Die Ausprägung der aufgeführ- ten Aspekte kann daher als Indikator für erfolgreiche Lernprozesse betrachtet wer- den. Da technisches Lernen stets auf die Artefakte zielt (vgl. Kapitel 1 und 2), haben Lernprozesse durch das Artefakt auch eine außerhalb der Person sichtbare und mess- bare Komponente.

Die Struktur der Zieldimensionen auf Ebene der Kinder umfasst Zielbereiche im ko- gnitiven, prozeduralen und affektiven Bereich. Angestrebt werden positive Verände- rungen im jeweiligen Zielbereich. Die Zieldimensionen gliedern sich in die Abschnitte:

- *Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik* als wesentlicher Zielbereich im affektiven Bereich, die sich bei der Auseinandersetzung mit techni- schen Inhalten verändern. Angestrebt wird ein sachliches Verhältnis zur Technik.
- *Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten* während der handelnden Auseinandersetzung mit technischen Problemen. Angestrebt werden qualitative Veränderungen im Zielbereich.
- *Technische Kreativität* als ein gesonderter Zielbereich im Rahmen der handelnden Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten, welcher sowohl das Problem- löseverhalten als auch personen- und produktbezogene Aspekte umfasst. Ange-

strebt wird eine quantitative und qualitative Veränderung im Hinblick auf einzelne Aspekte der technischen Kreativität.

- *Technisches Wissen* als Zielbereich im Hinblick auf inhaltsbezogene Aspekte der technischen Bildung, welches die Voraussetzung zur planvollen Auseinset- zung mit technischen Inhalten darstellt. Angestrebt wird eine Erweiterung und Ver- tiefung des Wissens.
- *Übergreifende Basiskompetenzen* wie kognitive Kompetenzen, manuelle Kompe- tenzen, sprachliche Kompetenzen und soziale Kompetenzen, die auch für den Be- reich technischer Problemlösungen relevant sind. Diese Kompetenzen haben die Funktion von Kontrollvariablen.

Die skizzierten Zieldimensionen auf der Ebene der Kinder sind nachfolgend im Einzel- nen erläutert und im Anhang grafisch illustriert (vgl. Anhang 1.1).

5.1 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Der Motivation bzw. dem Interesse von Kindern an einem Lerngegenstand wird mit Recht eine große Bedeutung zugeschrieben. Fast jeder Lernprozess beginnt mit Moti- vation und ohne Motivation kommt eine Auseinandersetzung mit einem bestimmten Gegenstand überhaupt nicht zu Stande. Entsprechend ausgearbeitet sind Motivations- theorien und Interessentheorien. In beiden sind wichtige Faktoren zusammengefasst, die bei der Aufnahme und der Andauer einer Auseinandersetzung mit einem Gegen- stand eine bedeutende Rolle spielen. Die deutschsprachigen „Klassiker“ der Motiva- tionstheorie (z.B. Heckhausen, 1980) bzw. Interessentheorie (z.B. Schiefele, Prenzel, Krapp, Heiland & Kasten, 1983) sollen hier nicht aufgearbeitet, sondern anhand einer Sichtung technikbezogener Motivations- und Interessenstudien der Stand der didakti- schen Forschung dargestellt werden.

Der gemeinsame Kern der meisten Motivations- und Interessentheorien besteht aus Variablen, die folgende Bereiche erfassen:

- die emotionalen Einschätzung einer bestimmten Situation (das mache ich gerne..., gefällt mir...)
- Bewertung der Handlungsfolgenerwartung (möchte ich erreichen..., brauche ich im Leben...).
- Prognose über Handlungserfolg (kann ich..., ist schwierig...)

5.1.1 Motivation im Umgang mit technischen Fragestellungen

Eine internationale Studie mit deutscher Beteiligung wurde im Rahmen des Projekts „Understanding and Providing a Developmental Approach to Technology Education“ UPDATE (Endepohls-Ulpe et al., 2008; Ruffer & Schwarze, 2011) durchgeführt. Sie erfasst neben anderen Aspekten auch motivationale Effekte. Die Fragestellung war, welche Faktoren Einfluss haben könnten auf das Selbstbild von Mädchen bezüglich Technik. Es wurden 235 Kinder der Klassen 3 und 4 befragt. Die Kinder füllten einen Fragebogen aus, bei dem sie ihre Zustimmung zu bestimmten Aktivitäten angeben konnten: einen Computer bedienen (operate), mit Werkzeugen wie Hammer und Säge arbeiten, chemische Experimente durchführen, mit Lego spielen und bauen, Maschinen und elektrische Anlagen bedienen, ein Fahrrad reparieren, etwas bauen (z.B. ein Baumhaus, eine Hütte), mit dem Computer spielen und e-Learning Programme nutzen.

Die Antwortmöglichkeiten waren vorgegeben in dieser Art:

Einen Computer zu bedienen, „...macht mir Spaß, ... ist etwas für Jungs, ... ist spannend, ... das kann ich besser als die meisten Mädchen in der Klasse, ... ist leicht, ... ist etwas für Mädchen, ... das kann ich, ... das kann ich besser als die meisten Jungs in der Klasse.“

Es wurden die zu erwartenden Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt, die generell in Richtung auf ein geringeres Interesse und Kompetenzselbstbild der Mädchen deuten. Ausnahmen waren das Bedienen von Maschinen und elektrischen Anlagen und die Aktivitäten mit Computern, Computerspielen und E-Learning-Programmen; hier waren keine deutlichen Unterschiede erkennbar.

Virtanen, Ikonen & Rasinen (2011) untersuchten in derselben Studie per Fragebogen die Motivation von Schülerinnen und Schülern bezüglich verschiedener technischer Aktivitäten. 301 Kinder der Klassen 5 und 6 in Finnland beantworteten den Fragebogen. Die Kategorien lauten wie folgt: (1) Motive im Zusammenhang mit emotionalen Erfahrungen, (2) Motive im Zusammenhang mit technischen Inhalten, (3) Motive im Zusammenhang mit Ausführung und Leistung, (4) Motive im Zusammenhang mit sozialer Interaktion, (5) Abneigungen, sowie (6) Arbeitsprozesse. In den folgenden Abschnitten ist eine Auswahl der Ergebnisse in Bezug zur jeweiligen Zieldimension dargestellt.

Über 70 % der Kinder beider Geschlechter finden den Werkunterricht schön und bejahen, dass die Arbeit sie dort „mitreißt“ (Virtanen, Ikonen & Rasinen 2011).

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für die Technische Bildung wird eine positive Grundeinstellung zu Arbeiten mit technischen Fragestellungen empfohlen. Ziel ist eine offene und sachliche Haltung von Kindern gegenüber Technik, die weder eine allgemeine Technikangst noch eine übertriebene Technikfaszination erkennen lässt.

Es liegen einige potenziell brauchbare Instrumente vor (UPDATE Studie, Endepohls-Ulpe et al., 2008; Ruffer & Schwarze, 2011, PATT Studie; de Klerk Wolters, 1989, sowie einzelne Arbeiten von Baumert et al. 1998; Rheinberg et al., 2001).

Messung:

Es werden einfache Selbststrating-Verfahren empfohlen, in denen die Kinder ihre emotionale Stimmung bei der Auseinandersetzung mit technischen Objekten angeben. Das in der oben genannten UPDATE Studie verwendete Instrument könnte ggf. an die spezifische Lernsituation der Arbeit außerhalb des Schulunterrichts angepasst werden.

5.1.2 Interesse an Technik

Interesse an technischen Tätigkeiten

Dieser Aspekt erhebt, was die Kinder mit ihren Aktivitäten erreichen wollen. Er ist daher inhaltlich und zielorientiert formuliert. Jungen scheinen die Beherrschung von Werkzeugen eher anzustreben als Mädchen. Bei der Werkzeugnutzung ergibt sich in einer Untersuchung von Virtanen et al. (2011) ein geschlechtstypischer Unterschied, dass zwar 64 % der Jungen, aber nur 46 % der Mädchen dies schön finden. Ein Gebrauchsobjekt herzustellen, wird dagegen von bei beiden Geschlechtern angestrebt. Circa 80 % – ohne wesentlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern – würden gern einen nützlichen Gegenstand für den Haushalt herstellen, eine eigene Idee ausarbeiten und realisieren, wobei sie sich nicht auf ein bestimmtes Objekt festlegen (Virtanen et al. 2011). Geschlechtstypische Unterschiede ergeben sich bei der Frage, ob die Kinder gern Werkzeuge benutzen (33 % Mädchen, 42 % Jungen) und ob sie gern an Lösungen arbeiten würden, um „die Umwelt sauber zu halten“ (75 % Mädchen, 50 % Jungen), auch bei der Frage, ob sie gern ein elektronisches Objekt fertigen würden, war die Zustimmung der Mädchen mit 17 % deutlich geringer als die der Jungen (55 %) (Virtanen et al. 2011).

Interesse an technischen Berufen

Ein Indiz für das Interesse an Technik könnte auch das Interesse an technischen Berufen sein. Hierzu gibt es keine Erhebungen im Zielalter. Allerdings ist den Kindern vermutlich oft gar nicht bewusst, was ein „technischer“ Beruf ist, z.B. im Unterschied zu einem Verwaltungsberuf.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für die Technische Bildung wird Interesse als der bewusste auf ein bestimmtes Handlungsziel gerichtete Einsatz von technischen Handlungsweisen empfohlen. Die Ausprägung dieser Zieldimension sollte den sinnvollen Einsatz von Arbeitsmitteln (vor allem Werkzeug) und Material im Hinblick auf ein technisches Handlungsziel (die Lösung eines Problems bzw. Befriedigung eines Bedürfnisses) erfassen. Je breiter das genutzte Repertoire an Werkzeug und Material, je differenzierter die verwendeten Arbeitsweisen und je realistischer die Handlungsfolgenerwartungen sind, desto entwickelter ist die Zieldimension.

Ein interessanter Aspekt ergibt sich aus der Untersuchung von Virtanen et al. (2011). Vielen Kinder wollen möglicherweise gar kein bestimmtes Objekt fertigen, sondern eine Idee verwirklichen. Kinder erkennen die Bedeutung der ihnen bekannten technischen Berufe und vermögen (zunehmend) zwischen ausgewählten technischen und nicht-technischen Berufen zu unterscheiden. Das Interesse an einem technischen Beruf wird bei einer starken Ausprägung der Zieldimension von eigenen Könnenserfahrungen beeinflusst und ist weitgehend unabhängig von gesellschaftlichen Vorurteilen.

Messung:

Es gibt nur wenige Ansätze, die Ausprägungen der Zieldimensionen separat zu messen, meist werden Motivation und Interesse gemeinsam erhoben. Realistisch erscheinen Ratingverfahren auf der Grundlage der Studien von Endepohls-Ulpe et al. (2008), Ruffer und Schwarze (2011) und Virtanen et al. (2011). Die vorliegenden Erhebungen erfassen den Werkzeuggebrauch und die Gegenstände, welche von den Kindern gerne gefertigt werden. Sie müssten ergänzt werden mit Erhebungen zur Einschätzung, wie wichtig die gefertigten Objekte sind. Des Weiteren sollten die Messinstrumente erheben, welche Bedeutung die Verwirklichung eigener Ideen unabhängig vom Inhalt hat. Das Interesse an technischen Berufen könnte als Indiz für Interesse an Technik erfasst werden, wobei ein zu entwickelndes Instrument die Tatsache berücksichtigen müsste, dass vielen Kindern gar nicht bekannt ist, in welchem Ausmaß bekannte Berufe technisch geprägt sind.

5.1.3 Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit Technik und (Leistungs-) Selbsteinschätzung

Die Einschätzung des eigenen Leistungsvermögens kann sowohl als Resultat von konkreten Erfahrungen mit Technikunterricht sein, als auch ein Vorurteil. Es gibt einige Untersuchungen zu den Auswirkungen des von den Kindern erlebten Unterrichts über Technik, die auf die Entwicklung des Leistungsselbstbildes schließen lassen (Überblick

bei Mammes, Schaper & Strobel 2012). Vor allem sind dies Erhebungen zur Schwierigkeitseinschätzung der Inhalte des Unterrichts und die Wahlentscheidungen der Kinder, wenn sie sich zwischen Technik und anderen Fächern entscheiden können.

Leistungseinschätzung

Die Schwierigkeitseinschätzung des Werkunterrichts zeigt unterschiedliche, widersprüchliche Ergebnisse: „Der Aussage ‚Ich habe Angst davor, etwas Falsches zu tun‘, stimmten 64 % der Mädchen, aber nur 44 % der Jungen voll oder teilweise zu. Der Aussage ‚Ich glaube, dass wir zu leichte Projekte im Werkunterricht machen‘, stimmten nur 64 % der Jungen und 77 % der Mädchen voll oder teilweise zu“ (Virtanen, Ikonen & Rasinen, 2011, S. 62f).

Soziale Interaktion

Die Interaktion mit der Lehrkraft im Unterricht wird auch unterschiedlich bewertet. Während 82 % der Mädchen der Aussage zustimmen: „Ich glaube, es ist wichtig, dass mich die Lehrkraft unterstützt und ermutigt“, sind es bei den Jungen nur 61 %. Der Aussage „Meine Familie ermutigt mich, Werken zu belegen“, stimmten 25 % der Mädchen und 12 % der Jungen zu.

Arbeitsprozesse

Die Aussagen zu den Arbeitsprozessen zeigen eine uneinheitliche Tendenz. „Mehr Jungen (verglichen mit Mädchen) scheinen Probleme gern eigenständig zu lösen: 20 % der Jungen, aber nur 5 % der Mädchen stimmten der Aussage ‚Ich möchte Probleme allein lösen‘ zu. Andererseits widersprachen 22 % der Mädchen und 8 % der Jungen dieser Aussage“ (Virtanen, Ikonen & Rasinen 2011, S. 63). Jungen scheinen auch lieber „verschiedene Dinge“ zu testen und auszuprobieren (58 % zu 38 %).

Einig sind sich beide Geschlechter allerdings in der Beantwortung der Aussage „Ich glaube, es ist gut, dass der Lehrer genau sagt, was als nächstes zu tun ist“ (68 % und 61 %). Auch in Fragen der Zusammenarbeit mit Freunden gab es keine großen Unterschiede (Zustimmung). Die meisten Kinder beiderlei Geschlechts finden es auch nicht gut, wenn alle Kinder dasselbe Objekt fertigen.

Fachpräferenz

Wenn Kinder die Möglichkeit haben, zwischen Unterricht in Hauswirtschaft oder Textilarbeit einerseits und Technik andererseits zu wählen, so entscheiden sie sich üblicherweise geschlechtstypisch: Jungen wählen Technik und Mädchen Hauswirtschaft oder Textiltechnik. Dies gilt offensichtlich auch, wenn die Kinder vorher Erfahrungen

mit dem jeweils anderen Fach haben und sich erst entscheiden müssen, nachdem sie beide kennen. Studien in Deutschland (Kosack, 1994) und Finnland (Pellinen, 2008) an 10- bis 12-jährigen Kindern untersuchten diese Erscheinung. Kosack untersuchte ein Sample von 314 Schülerinnen und Schülern im Alter von 10 bis 11 Jahren an 22 Schulen in Baden-Württemberg. Das Wahlverhalten der Probanden unterschied sich nicht signifikant vom landesweiten Wahlverhalten. Es wurden jeweils zwei Untersuchungszeitpunkte gewählt: bevor und nachdem die Kinder Unterricht in Technik oder Textilarbeit hatten. Als Untersuchungsinstrument kam ein Fragebogen mit Ankreuzaufgaben zum Einsatz, der zuvor an einer zufällig ausgewählten Stichprobe von 62 Kindern erprobt wurde. Erhoben wurden die Einstellungen zu jeweils typischen Inhalten und Arbeitsweisen. Es zeigte sich, dass der Unterricht über ein Schulhalbjahr hinweg, diese Einstellungen nicht signifikant änderte. Die geschlechtstypischen Präferenzen der Mädchen (Textilarbeit) und Jungen (Technik) blieben gleich, dies war auch dann der Fall, wenn weibliche Lehrkräfte technische Inhalte vermittelten.

Pellinen (2008) untersuchte die Einstellungen und den Einfluss der im Unterricht gemachten Erfahrungen mit technischen Inhalten bzw. Textilarbeitsinhalten an zwei Schulen in Oulu und Jyväskylä. Sein Erhebungsinstrument war ein Fragebogen, der sich an The Pupils Attitudes Towards Technology (PATT; Bame & Dugger, 1989) anlehnt. Darüber hinaus führte er mit einigen Probanden Interviews durch. Auch er fand, dass die Erhebung keinen Einfluss technischer Unterrichtsinhalte auf die Wahlentscheidungen der Mädchen aufzeigen konnte. „The study sought to discover whether craft teaching emphasising technology has an effect on girls' choices of craft. The findings show no effect“ (Pellinen, 2008, S. 21).

In der internationalen Forschung kam das PATT-Instrument mehrfach zum Einsatz. Es bietet einen Ansatzpunkt zur Entwicklung eines eigenen Erhebungsbogens. Auch wenn er nicht mehr aktuell erscheint und sich auf eine höhere Altersstufe bezieht, können die Fragen (Technik ist sehr wichtig im Leben; Technik ist zu schwierig für mich), auch von Grundschulkindern beantwortet werden.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für die Technische Bildung wird ein Selbstwirksamkeitskonzept empfohlen, das aus einer realistischen Wahrnehmung der eigenen Leistungsfähigkeit fußt. Die Selbsteinschätzung von Kindern sollte nicht von allgemeinen Stereotypen (Mädchen sind „unbegabt“ für Technik) beeinflusst werden.

Messung:

Ein geeignetes Messinstrument müsste noch entwickelt werden. Es erscheint dabei aus Sicht der Verfasser ausreichend, in einem einfachen (Selbst-)Ratingverfahren relevante Daten zu erheben. Parallel dazu sollten objektive Kriterien erhoben werden, die einen Vergleich der Selbsteinschätzung mit der tatsächlich erreichten Leistung ermöglichen. Als Kriterien hierzu bieten sich die gefertigten Objekte an (z.B. Qualität der Kriterienerfüllung) sowie Beobachtungen zum Arbeitsprozess (Anzahl und Schwierigkeitsgrad der bewältigten Probleme).

5.1.4 Wertungen und Einstellungen gegenüber Technik und technischem Handeln

In den 1980er Jahren gab es eine verstärkte Debatte um die Einstellungen und Werthaltungen gegenüber der Technik (Technikfeindlichkeitsdebatte) in Deutschland. Die Debatte ist gut dokumentiert und gibt Aufschluss über die Werthaltungen gegenüber Technik. Kistler (2005) fasst die Trends zusammen und geht kritisch auf die verwendeten Erhebungsinstrumente ein. Es wurden Globalaussagen zur Bewertung der Technik erhoben wie z.B. ob Technik eher von Vorteil oder Nachteil für die Menschen sei, ob sie mehr positive als negative Auswirkungen habe oder ob sie das Leben einfacher oder schwieriger macht. Die Befragungen wurden jedoch an Erwachsenen durchgeführt. Die Shell-Jugendstudie von 2006 erhebt zumindest am Rande Aspekte der Einstellung zur Technik (Hurrelmann, 2006), allerdings werden auch hier junge Erwachsene befragt. Die bereits angesprochene UPDATE Studie erhebt geschlechtstypische Unterschiede in der Wahrnehmung und Wertschätzung von Technik im Zielalter. Auch die Arbeiten von Rennie und Jarvis (1995) und Jarvis und Rennie (1998), Mawson (2010) und Turja und Paas (2011) können als Grundlage dienen, angemessene Instrumente zu entwickeln.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für die Technische Bildung wird eine sachliche und kritische Einstellung von Kindern gegenüber Technik empfohlen, die auf einer Abwägung tatsächlicher Auswirkungen von Technik beruht.

Messung:

Ein Messinstrument sollte Globalaussagen zur Einschätzung der Nützlichkeit von Technik und zu ihren Auswirkungen auf die Lebensverhältnisse der Menschen allgemein und zur befragten Person in besonderen enthalten. Die in den o.g. Studien verwendeten Instrumente für Erwachsene müssten der Zielgruppe Kinder angepasst werden.

5.2 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten

Dieser Abschnitt wird in drei Teile untergliedert, der erste Teil befasst sich mit den technischen Denk- und Handlungsweisen, der zweite mit der Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte und der dritte Teil mit dem wissenschaftlichen Denken im Zusammenhang mit materiellen Objekten, Phänomenen und Vorgängen und einem Teil speziell zum Umgang mit technischen Sachverhalten.

5.2.1 Technische Denk- und Handlungsweisen

Das Spezifische am technischen Handeln ist die Herstellung und Verwendung von Technik (wie, wozu). Dabei müssen die vorhersehbaren Folgen der Nutzung bereits bei der Herstellung in Betracht gezogen werden. Das Handeln bezeichnet dabei das sichtbare Verhalten des handelnden Individuums, welches nicht unabhängig von den kognitiven Prozessen betrachtet werden kann. Auf die enge Verzahnung von Denken und Handeln hat bereits Aebli in seiner Handlungstheorie hingewiesen (vgl. Aebli, 2001). Aebli definiert das Handeln als ein bewusstes und zielgerichtetes Tun. Die enge Verzahnung zwischen den Denk- und Handlungsweisen wird auch in Beschreibung der technischen Handlung von Wiesenfarth sichtbar, der sie als einen Prozess beschreibt, der von Wahrnehmung eines Problems, Zielformulierung, Vergegenwärtigung des Wissens, Erstellung des Entwurfs, Planung des Ablaufs bis zur praktischen Ausführung und Bewertung des Gefertigten reicht (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 32 ff). Wiesenfarth sieht technische Handlung in einem Zusammenhang mit möglichen Bedingungen, wie

die Verfügbarkeit der Materialien, das vorhandene Wissen, Wertvorstellungen, die Gestaltung des Entstehungsprozesses und der lebensweltliche Hintergrund aus dem sich die technischen Probleme ergeben (Wiesenfarth, 1992, 35 ff). Für die Elementar- und Primarstufe ist eine der zentralen Fragen der technischen Bildung, zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen die Kinder zu befähigen sind. Die oft in den Fokus gerückte Fragestellung, wie die technischen Objekte funktionieren, welche Wirkprinzipien die Funktion eines Objekts bestimmen, gehört zwar auch zur Technik, ist aber nicht die spezifisch technische Fra-



gestellung in Bezug auf die Elementar- und Primarstufe. Möller unterscheidet folgende elementare technische Handlungen: Planen, Konstruieren, Produzieren, Beschaffen, Benutzen, Bedienen, Warten, Reparieren, aus dem Gebrauch nehmen und Entsorgen (Möller, 1998, S. 228).

Empfohlene Zieldimensionen

Für den Primar- und Elementarbereich wird die Zieldimension Technische Denk und Handlungsweisen empfohlen, welche folgende Denk- und Handlungsweisen umfasst:

- a. Technische Probleme erkennen
- b. Lösungsideen entwickeln im Hinblick auf Wirkmechanismen, Design, Entsorgung, Sicherheit,
- c. Ideen kommunizieren
- d. Ideen grafisch darstellen
- e. grafische Darstellungen verstehen
- f. Materialeigenschaften prüfen und erkunden
- g. geeignete Materialien auswählen
- h. Fertigungsabläufe planen
- i. Fertigungsabläufe durchführen
- j. Fertigungsschritte überprüfen
- k. technische Verfahren zielgerichtet anwenden

Messung:

Die Messung der Ausprägung der einzelnen technischen Denk- und Handlungsweisen kann auf vielfältige Weise erfolgen. Entsprechende Messinstrumente, welche sich für den Einsatz sowohl im Elementar- als auch im Primarbereich eignen würden liegen noch nicht vor.

Geeignet wären hier aus Sicht der Autoren vor allem qualitative Verfahren, welche auf der gezielten Beobachtung sowohl der sprachlichen Äußerungen der Schüler als auch ihrer Handlungen beruhen. Darüber hinaus bieten Zeichnungen als auch die hergestellten Objekte der Kinder Hinweise auf Lösungsideen, die nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet werden können.

5.2.2 Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte

Die Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte ist mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung technischer Artefakte eng verbunden. Somit ist sie eng gekoppelt an die oben beschriebenen technischen Denk- und Handlungsweisen.

Eine Bewertungsphase führt zur Entscheidung, ob eine erneute Optimierung notwendig ist oder ob das Objekt die unter den gegebenen Umständen optimale Lösung darstellt.

Wie im Abschnitt „Rahmenmodell für unverzichtbare Grundelemente des Lernens über Technik“ dargestellt, müssen die unterschiedlichen Bewertungsmöglichkeiten von Artefakten bei ihrer Erprobung und Verwendung ggf. Entsorgung erfahren werden können. Aspekte wie Funktion, Haltbarkeit, Preis, Wartungsfreundlichkeit, Entsorgbarkeit usw. prägen die Fragestellungen, denen sich Kinder widmen. Dabei kann zwischen der Bewertung selbstgeschaffener Dinge und der bereits vorhandener Dinge unterschieden werden. Die Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte hilft den Schülern die Technik als ein Teil der Kultur zu begreifen.

Empfohlene Zieldimension:

Empfohlen wird die Zieldimension Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte, welche folgende Aspekte umfasst:

- a. Abwägen zwischen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten
- b. Bewerten der Artefakte im Hinblick auf ihre Erprobung und Verwendung
- c. Bewertung der Artefakte im Hinblick auf Zweckerfüllung
- d. Technik als Teil der Kultur begreifen

Messung:

Ein standardisiertes Messinstrument liegt bisher nicht vor. Die Messung kann in Form von qualitativen Erhebungsverfahren erfolgen. Erhoben werden könnten die Bewertungskriterien, welcher sich die Kinder bedienen, sowie die Entscheidungen, welche sie auf der Grundlage dieser Kriterien treffen. Um die Aussagen der Kinder zu erheben, bieten sich zwei Diskursformen an: der durch einen Erwachsenen gesteuerte, zielgeleitete Diskurs mit Kindern sowie der ungesteuerte, nicht geleitete Diskurs der Kinder untereinander.

Etwas problematisch ist die Messung des Aspekts „Technik als Teil der Kultur begreifen“. Hier ist es denkbar, Indikatoren zu benennen, welche darauf schließen lassen, dass diese Ziele bei den Kindern erreicht werden. Ein Beispiel könnte dies verdeutlichen: Können Kinder verschiedene Artefakte verschiedenen Kulturen zuordnen und ihre Entstehung, ihre Eigenarten und Formen der Nutzung beschreiben und mit anderen vergleichen, dann deutet dies darauf hin, dass sie die Technik als ein Teil der Kultur begreifen, die in ihrer Entstehung, Nutzung und auch Entsorgung der Artefakte an Bedingungen geknüpft ist, welche die Kultur selbst prägen.

5.2.3 Allgemeine wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Pauen (in Anders et al., 2013a) entwirft in der Expertise zu Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter eine Struktur des naturwissenschaftlichen Denkens im Kindergartenalter. Diese lehnt sich offensichtlich an ein induktives Konzept des wissenschaftlichen Denkens an, welches mit der Erhebung von „Erfahrungen“ beginnt (Erfahrungen beobachten und beschreiben), diese dann kognitiv strukturiert (vergleichen, diskutieren), daraus Folgerungen zieht (vermuten, experimentieren) und letztlich in ein Konzept integriert.

Sodian (in Anders et al., 2013 b) greift Pauens Struktur in der Grundschulexpertise auf und nennt diese das wissenschaftliche Denken im weiteren Sinn. Sie ergänzt Ausführungen zum wissenschaftlichen Denken im engeren Sinn. Im Grundschulalter haben Kinder bereits eine Anzahl von „intuitiver Erklärungen“ über Naturphänomene ausgebildet, die allerdings meist nicht belastbar sind, wenn sie mit (anormalen) Daten in Form von Sinneswahrnehmungen der Wirklichkeit konfrontiert werden. Bei Wissenschaftlern führen anomale Daten dazu, dass in einem kognitiven Prozess das Ausgangskonzept verändert wird. Das ist schon bei Erwachsenen ein komplexer Prozess, der auf vielfache Widerstände stößt (systematisch aufgearbeitet bei Chinn & Brewer, 1993). Sodian verweist auf die zusätzlichen Probleme bei Kindern im Grundschulalter durch die „mangelnde Fähigkeit zur Reflexion eigener intuitiver Theorien“ (S. 18).

In ihren weiteren Ausführungen hat Sodian Messinstrumente vorgeschlagen, mit welchen der Stand und ggf. eine Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens bei Grundschulkindern erfasst werden könnte.

Sowohl in der Kita- als auch in der Grundschulexpertise wird der Einfluss der Erfahrung auf die naturwissenschaftlichen Konzepte der Kinder beschrieben. Diese naturwissenschaftlichen Konzepte sind im technischen Bereich nützlich, aber nicht primärer Gegenstand des Technik-Unterrichts. Typisch für technische Erfahrungen wäre etwa das, was Wiesmüller unter Rückgriff auf Georg Scherer eine Es-geht-Erfahrung nennt. „In der Technik hat diese Erfahrung etwas Eigenartiges. Das Es-geht ist auch die Freude, daß [sic] wir einen Funktionszusammenhang entdeckt... haben.“ (Wiesmüller, 2012, S. 57). Ähnlichkeiten zur Darstellung von Sodian zur „Effektproduktion“ liegen auf der Hand. Laut Sodian scheinen Kinder im Grundschulalter „eher daran interessiert zu sein positive Effekten zu produzieren (z.B. einen Kuchen zu backen, der aufgeht) als Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Variablen zu entschlüsseln (herauszufinden, wovon es abhängt, ob ein Kuchen aufgeht oder nicht).“ (Sodian in Anders et al., 2013b, S. 98). Im weiteren Verlauf ihrer Ausführungen wendet sich Sodian dann jedoch

den naturwissenschaftstypischen kausalanalytischen Fragestellungen zu. Im technischen Bereich liegen keine Untersuchungen zu spezifischen Erfahrungstypen vor.

Zum wissenschaftlichen Denken allgemein können wenige Ergänzungen zu den Expertisen von Anders et al. (2013a) hinzugefügt werden. Der Schwerpunkt liegt in diesem Abschnitt daher auf den allgemeinen wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Umgang mit technischen Sachverhalten. Hier werden daher die techniktypischen Aspekte des wissenschaftlichen Denkens dargestellt.

Seit den 1960er Jahren ist die Didaktik der Grundschule von den widersprechenden Anforderungen der „Kindorientierung“ bzw. „Wissenschaftsorientierung“ des Unterrichts geprägt. Die ursprünglichen Vorstellungen, dass der Weg zum wissenschaftlichen Denken eine im Wesentlichen in Stufen verlaufende Entwicklung hin zu abstrakteren Denkformen ist, wie sie noch von Piaget (Inhelder & Piaget, 1958) dargestellt wurde, wird heute nicht mehr vertreten, weil zum einen Wissenschaftler selbst nicht ausschließlich und Kinder im Grundschulalter keineswegs völlig unfähig sind, formal abstrakt zu denken. Zudem hat sich die Vorstellung einer kontextunabhängigen wissenschaftlichen Denkweise nicht bewährt. Eine Darstellung des aktuellen Forschungsstands findet sich u.a. bei Anders und Kolleginnen (2013a, b).

Alle „Fächer“ haben ihre je eigene Weise der Vermittlung dieser beiden Anforderungen entwickelt, die GDSU z.B. spricht von einem „Spannungsfeld“ zwischen Erfahrungen der Kinder und fachlich gesichertem Wissen (GDSU, 2006, S. 2).

Sodian stellt den Stand der Forschung bezüglich der Theorienbildung – insbesondere in Bezug auf naturwissenschaftliche Inhalte – in der Grundschulstudie von Anders et al. (2013b) dar. Ihre Ausführungen orientieren sich an folgendem Muster: „Basierend auf Theorien werden Hypothesen über das interessierende Phänomen aufgestellt, Experimente zur Prüfung der Hypothesen geplant und durchgeführt, gewonnene Daten interpretiert und Schlussfolgerungen mit Bezug auf die Hypothesen gezogen mit dem Ziel, Theorien weiter zu entwickeln und/oder zu revidieren“ (Sodian in Anders et al., 2013b, S. 92). Damit beschreibt sie den typischen naturwissenschaftlichen Anpassungsprozess des Denkens an die Wirklichkeit.

Für die vorliegende Studie zu technischen Inhalten sind andere Aspekte bedeutungsvoller. Nicht die Theoriebildung ist der entscheidende Aspekt beim Unterricht über Technik, sondern die Herstellung, Nutzung und Bewertung von Technik. Selbstverständlich ist dabei ein theoretisches Regelwerk hilfreich, es ist jedoch auf das spezi-

fische Problem bezogen und muss keine Allgemeingültigkeit haben. Die Struktur, die Pauen (in Anders et al., 2013a) für das Kita-Alter vorschlägt, erscheint daher für diese Expertise angemessener als die stark auf die Theoriebildung ausgerichtete Struktur der Grundschulexpertise von Sodian (in Anders et al., 2013b). Pauen (in Anders et al., 2013a, S. 31) gliedert die Zieldimension Wissenschaftliches Denken und Vorgehen in acht Unterpunkte:

1. Bewusst erfahren und beobachten
2. Erfahrungen beschreiben und festhalten
3. Erfahrungen vergleichen und diskutieren
4. Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen
5. Ausprobieren und Experimentieren
6. Erfahrungen bewerten und begründen
7. Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden
8. Weiterführende Überlegungen anstellen

Diese Gliederung wird im Folgenden in Bezug auf die Technische Bildung reflektiert.

Bewusst erfahren und beobachten

Erfahrung ist ein schwergewichtiger Begriff der Philosophie mit vielfachen Bedeutungsvarianten. Von Erfahrung zu sprechen, ist dann sinnvoll, wenn die Daten der sinnlichen Wahrnehmung mithilfe kognitiver Leistungen in einen Zusammenhang mit anderen Wahrnehmungen gebracht werden, z.B. in Form von Analogien, Kategorien, Abstraktionen, Folgerungen und dergleichen mehr. Von der so gewonnenen empirischen Erfahrung wäre dann die Erkenntnis zu trennen, die auf rein gedanklichen Vollzügen beruht (Schaub & Zenke, 1995, S. 123). Innerhalb des Lernens im Kindesalter spielt der Erfahrungsbegriff auch eine große Rolle bei der Strukturierung der mentalen Konzepte der Kinder. Die Bedeutung der Erfahrung ist allgemein anerkannt, obwohl auch Reifungsprozesse eine Rolle spielen können. Strittig war und ist jedoch die Wirkungsweise von Erfahrung. Zwei Grobformen sind identifizierbar und die Auseinandersetzung darüber, welche von Bedeutung ist und ggf. wie sie zusammen wirken, beschäftigt seit den 1980er Jahren die Didaktiker (z.B. die Diskussion zwischen Köhlein, Löffler & Wiesenfarth, 1991)³⁰.

Zur Erfassung der Zieldimension schlägt Pauen vor, die Art der „Sinnserfahrung“, den Grad der Konzentration auf ein Naturphänomen, den Grad der aktiven Beteiligung an der „Erforschung“ des Phänomens, die Ausrichtung der Aufmerksamkeit sowie das Interesse an Wiederholungen zu erfassen. Ihrer Feststellung, dass keine standardisier-

³⁰ Damals „Kontinuität und Diskontinuität“ genannt, heute „Kohärenz und Fragmentierung“

ten Instrumente zur Erfassung der relevanten Aspekte über den Erwerb „bewusster Erfahrung“ vorliegen, kann zugestimmt werden. Auch im Grundschulalter ist die Forschungslage nicht besser als im Vorschulalter. Domänenspezifisch (vgl. nächstes Kapitel) liegen immerhin einige Befunde vor, im allgemeinen Bereich wissenschaftlichen Denkens und Vorgehens ist die Unterteilung von Anders et al. (2013b) zustimmungswürdig. Es wären Erhebungsinstrumente zu entwickeln, die sich mit der Dauer und der Intensität sowie der Art und Weise der Auseinandersetzung mit Phänomenen befassen.

Pauen schlägt vor, die Erfassung der Werte über standardisierte Verhaltensbeobachtungen und Auswertungen von Videosequenzen zu bewerkstelligen.

Erfahrungen beschreiben und festhalten

Wahrnehmungen und ihre rationale Verarbeitung dem Diskurs der Peers und der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte zugänglich zu machen, ist ein wichtiger Schritt im Lernprozess. Dies geschieht im Vorschulalter vornehmlich sprachlich, teilweise auch bereits bildlich. Es bieten sich im Primarstufenalter allerdings weitere Formen der Erfassung an, da Kinder mit der Zunahme ihrer Schreibfertigkeit im Grundschulalter zunehmend selbst dokumentieren können. Berichte der Lernbegleiter können zunehmend durch von Kindern selbst produzierte Dokumentationen ergänzt werden. Solche Dokumentationen müssten dann einzelfallspezifisch ausgewertet werden, z.B. durch Kategorisierung des Materials durch Raster. Ein standardisiertes Verfahren dazu ist nicht bekannt.

Erfahrungen vergleichen und Analogien bilden

Im Primarstufenalter können Kinder bereits umfangreiche Vergleiche ziehen und aufgrund von Ähnlichkeiten Analogien bilden. Das prinzipielle Vorgehen zur Erfassung der Daten bei Kindern im Grundschulalter ist dasselbe wie bei Kindern im Kita-Alter. Ausgearbeitete, standardisierte, domänenübergreifende Instrumente sind nicht bekannt. Dem weiteren Entwicklungsstand der Kinder entsprechend könnten die Formen der Analogiebildung differenzierter erhoben werden, z.B. nach Spreckelsens Kategorisierung (2002) in phänotypische und genotypische Analogien und deren Verhältnis zueinander. Die Analysen, die Spreckelsen publizierte, fanden allerdings nur geringe Resonanz und sind bestenfalls als Studien zu verstehen (vgl. Schilling, 2006; Pringl-Gumpl, 2006). Im Altersbereich unmittelbar vor dem Ende der Primarstufe hat Jeretinkopf (2011) Untersuchungen zur Analogiebildung und zur sprachlichen Darstellung von Kindern zu Ergebnissen von Experimenten im naturwissenschaftlichen Bereich ausgearbeitet. Die hierzu entworfenen Arbeitsblätter könnten auch im Grundschulalter einsetzbar sein.

Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen

Im Grundschulalter ist diese Eigenschaft weiter ausgeprägt als im Vorschulalter. Aufgrund der akkumulierten Erfahrungen haben Kinder bereits in größerem Maße Erwartungen als Vorschulkinder. „Staunen“ bzw. ein kognitiver Konflikt kann nur dort auftreten, wo eine unerwartete Erscheinung (indiscrepant event; Friedl, 1997) auftritt. Der enge Zusammenhang zwischen dieser Größe und der nächsten Größe „Experimentieren“ liegt auf der Hand. Operativ dürften beide oftmals nicht zu trennen sein. Das bedeutet, dass anhand der beobachtbaren Handlungen Rückschlüsse auf die vorhandenen Erwartungen / Hypothesen gemacht werden können (oft: müssen, da die Fähigkeit zum mündlichen Ausdruck hinter den Erwartungen / Vermutungen zurückbleibt). Im Bereich naturwissenschaftlicher Phänomene existiert eine Anzahl von Untersuchungen hierzu. Eine alle diese Untersuchungen strukturierende Idee ist nicht bekannt. Im nächsten Abschnitt wird dies wieder aufgegriffen.

Experimentieren

Die Fähigkeit, systematisch zu experimentieren, also gezielt einzelne Variablen eines Vorgangs zu ändern, während andere beibehalten werden, ist im Grundschulalter nach allgemeiner Auffassung sehr selten ausgebildet (vergl. auch Pauen in Anders et al., 2013a). Pauen schlägt vor, den Experimentbegriff weiter aufzufassen und sich ein „Kontinuum von Handlungen“ vorzustellen, an dessen einem Ende zielloses Ausprobieren und am anderen Ende systematisches Manipulieren einzelner Faktoren steht (Pauen in Anders et al., 2013a, S. 27). Hierzu existiert eine Reihe von Untersuchungen im Grundschulalter. Diese sind aber in der Regel domänenspezifisch und unterscheiden nicht zwischen naturwissenschaftlichem Experimentieren und technischem „Experimentieren“. In Anders et al. wurden bereits die wichtigsten Arbeiten im Bereich naturwissenschaftlichen Experimentieren aufgeführt (z.B. Beinbrech, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2009). Im Bereich der Technik liegen mehrere ältere Arbeiten vor (z.B. Schmayl, 1982; Sachs, 1997; Möller, 1991 a, b), die auf die Besonderheit des technischen Experiments hinweisen. Bis auf die Arbeiten von Möller sind sie jedoch nicht auf das Zielalter bezogen.

Die in einigen Aspekten vergleichbare Zieldimension zum Experimentieren in der Technik ist das Konstruieren. Auch hier gibt es ein Kontinuum von Vorformen des ungezielten Zusammenfügens von Funktionsteilen bis zur systematischen Integration von Funktionsteilen aufgrund der den Kindern bewussten, spezifischen Funktionseigenschaften der Elemente.

Erfahrungen bewerten und begründen

Dieser Bereich der Expertise von Anders et al. (2013a) bezieht sich einerseits auf die Bereitschaft von Kindern, ihre Konzepte im Lichte neuer Daten zu überprüfen und ggf. zu verändern. Die Aussagen der Studie, dass sich Kinder schwertun, ihre Vorstellungen zu revidieren (Anders et al., 2013, S. 42), dürfte auf alle Altersstufen erweiterbar sein (Chinn & Brewer, 1993). Andererseits bezieht sich die Studie auf die Qualität der Begründungen von Beobachtungen. Dabei unterscheidet sie zwischen sechs Typen von Begründungen:

- a. zirkuläre Begründungen,
- b. funktionalistische Begründungen,
- c. fokussierende Begründungen,
- d. vergleichende Begründungen,
- e. regelhafte Begründungen, und
- f. erklärende Begründungen.

Die dargestellte Struktur in sechs Begründungstypen erscheint in den Naturwissenschaften geeignet zu sein. Ob sie auch für technische Inhalte geeignet ist, müsste überprüft werden.

Für Kinder im Primarstufenalter gibt es Elemente aus standardisierten Tests, die bei der Entwicklung eines Erhebungsinstrument eingebaut werden könnten, zum Beispiel den Testteil „schlussfolgerndes Denken“ des KFT 1-3 (Kognitiver Fähigkeitstest; Heller & Geisler, 1983) oder Teile des Adaptiven Intelligenz-Diagnostikums (AID; Kubinger, 2009).

Domänenspezifisch liegt bereits eine große Anzahl von Erfahrungen vor, die z.B. auf dem Internationalen Kongress „Wissenschaftlich Argumentieren in der Grundschule“ der FU Berlin 2010 vorgetragen wurden. Vor allem aus der Mathematik liegen Ergebnisse vor (Betzold, 2010; Fetzer, 2011), aber auch im naturwissenschaftlichen Sachunterricht (z.B. Beinbrech et al., 2009).

Aufgrund der vorliegenden Forschungsergebnisse erscheint es aussichtsreich, geeignete Instrumente zu entwickeln.

Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden

Die in der Expertise von Anders et al. (2013b) angesprochene Anreicherung und Umstrukturierung von Wissen ist im Grundschulbereich Gegenstand vieler Untersuchungen – national und international. Es werden zwei unterschiedliche Positionen formu-

liert, die Konsequenzen auf die Integration und Abstraktion von Einzelphänomenen haben. Im Kohärenzansatz können Einzelphänomene in einen kohärenten Zusammenhang eingeordnet werden – man geht gewissermaßen von einer wenn auch noch rudimentären Theorie der Kinder aus, in der Phänomene logisch eingebettet sind. Beim Fragmentierungsansatz bestehen einzelne Wissensbestände eher unabhängig voneinander und werden zunehmend verknüpft. Kleikmann, Pollmeier, Hardy und Möller (2011) sehen darin keine sich widersprechende Strukturierung, sondern Modelle unterschiedlicher Wissensstrukturierungen in Subpopulationen. Kleikmann et al. (2011, S. 210) konnten bei ihrer Untersuchung von über 1000 Grundschulkindern in der Klassenstufe 2 bis 4 feststellen, dass der überwiegende Teil der Kinder noch fragmentarisch orientiert ist, gegen Ende der Grundschulzeit aber zunehmend eine kohärente Wissensorganisation festgestellt werden kann.

Es sollten also zwei unterschiedliche Formen der Wissensorganisation erfasst werden: die Identifizierung vergleichbarer Einzelfälle und die Bezeichnung von Prinzipien, die in unterschiedlichen Fällen wirksam sind.

Weiterführende Überlegungen anstellen

Pauen geht davon aus, dass im Kleinkind- und Vorschulalter Kinder kaum Schlussfolgerungen auf Grund logischer Denkprozesse vollziehen, sondern eher auf Grund der Erfahrungen zu neuen Einsichten gelangen, welche noch nicht einer Überprüfung unterzogen werden (Anders et al., 2013, S. 44). Zur Messung dieser Zieldimension wird vorgeschlagen, die Häufigkeit solcher Überlegungen im Rahmen von Gesprächen über die beobachteten Phänomene festzustellen (Anders et al., 2013, S. 45).

*Empfohlene Zieldimensionen:*

Als Zieldimension für Technische Bildung empfehlen wir die folgenden Stufen der Verarbeitung von Beobachtungen und Wahrnehmungen :

1. Bewusst erfahren und beobachten
2. Erfahrungen beschreiben und festhalten
3. Erfahrungen vergleichen und diskutieren
4. Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen

5. Ausprobieren und Experimentieren
6. Erfahrungen bewerten und begründen
7. Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden
8. Weiterführende Überlegungen anstellen

Wünschenswert ist, dass ein möglichst hohes Niveau erreicht wird.

Messung:

Einzelne Elemente aus allgemeinen Fähigkeits- bzw. Intelligenztests könnten sinnvoll in ein Instrument eingefügt werden, z.B. aus dem Teil schlussfolgerndes Denken des Kognitiven Fähigkeitstests (KFT1-3, Heller & Geisler, 1983). Solche Daten können als Außenkriterium verwendet werden, um den persönlichkeitsabhängigen Anteil der Ausprägung einer Messgröße abschätzen zu können.

Allgemeines wissenschaftliches Denken, das auch im Umgang mit technischen Objekten beobachtbar ist – in Bezug auf bewusstes Wahrnehmen und Beobachten, die Kommunikation dieser Wahrnehmungen und Beobachtungen in Form von Beschreibungen und Dokumentationen – könnten wie oben beschrieben erfasst werden (vgl. auch Pauen in Anders et al., 2013a).

Die Verarbeitung dieser Wahrnehmungen in Vergleichen, Analogiebildungen sowie die Formulierung von Erwartungen und Vermutungen könnte schriftlich, bildlich und mündlich erfasst werden, sowie von pädagogischen Fach- und Lehrkräften anhand strukturierter Beobachtungsbögen festgehalten werden.

Die Erfassung der Argumentationsmuster erscheint ebenfalls sowohl für naturwissenschaftliche als auch für technische Bereiche möglich, indem man Äußerungen der Kinder kategorisiert und sie (ggf. von unabhängigen Ratern) auswertet.

Das Experimentieren in der erweiterten Form vom planlosen Ausprobieren bis zum gezielten Verändern einer Variablen bei der Beibehaltung der anderen Bedingungen lässt sich ebenfalls durch strukturierte Beobachtungsbögen von den pädagogischen Fach- und Lehrkräften erfassen.

Ausgearbeitete Messinstrumente müssten im Hinblick auf die konkreten Aufgabenstellungen jedoch erst noch entwickelt werden.

5.3 Kreativität

Der Begriff „Kreativität“ wird von den Didaktikern in Deutschland zwar gerne verwendet, aber kaum näher erläutert (vgl. Jeretin-Kopf & Kosack, 2012).

Er scheint zu schillernd und nicht greifbar zu sein und hat zudem eine Nähe zum Kreativitätsbegriff der Kunst.

Zunächst soll der Begriff Kreativität kurz erläutert und dann auf seine Bedeutung im Unterricht über Technik untersucht werden. Dabei ist nicht daran gedacht, eine allgemeingültige Definition, womöglich noch über den Bereich technischer Inhalte hinaus, aufzustellen.

Schon umgangssprachlich deutet sich an, dass der Begriff zwei Komponenten enthält, eine persönliche Eigenschaft und ein Produkt. Beides verbindet sich im Begriff der Kreativität. Einerseits würde jemand der nur viele Ideen produziert und keine davon umsetzen kann, als Phantast bezeichnet und nicht als ein kreativer Mensch. Andererseits ist jemand, der Vieles produziert aber niemals etwas Neues, auch nicht kreativ. Erst wenn beides zusammenkommt, kann man von Kreativität sprechen.

Häufig wird in der Literatur die Kreativität als geistige Tätigkeit beschrieben, welche sich dadurch auszeichnet, dass sie etwas Neues bzw. neu Gedachtes hervorbringt (vgl. dazu Kronfeldner, 2005, S. 19; Ammon, 2005; Fink, 2011, S. 32). Dem Anspruch der Kreativität wird eine Neuerung dadurch gerecht, dass das Neue neu erschaffen, d.h. vorher nicht da gewesen (vgl. Jansen, 2005, S. 15) und dieses Schaffen ein individueller geistiger Prozess ist (vgl. Rappe, 2005, S. 6043f). Diese Auffassung prägte das Bild der kreativ Tätigen als Genies und führte historisch dazu, dass man das schöpferische Tun nur wenigen Auserwählten zubilligte, die durch die Kraft der Erleuchtung und Intuition Neues zu erschaffen vermochten (vgl. dazu bspw. Heller, 2008, S. 15; Csikszentmihalyi, 2007, S. 15).

Dies ist eine Auffassung, die Weisberg (1988) in den Bereich der Mythen verweist. Durch die Analyse historischer Erfindungen kommt er zu dem Schluss, dass die kreativen Erkenntnisprozesse nicht als plötzliche, intuitive Einfälle oder Erleuchtungen betrachtet werden sollten, sondern eher das Resultat vieler kleiner Schritte seien, Gedankenprozesse, die eher einem mühsamen Ringen um das Zusammenfügen von (bereits vorhandenen) Puzzleteilen ähneln (vgl. Weisberg, 1988, S. 59; 1989, S. 180, 181). Als ein Meilenstein in der empirischen Erforschung der Kreativität können die For-

schungen von Guilford angesehen werden (vgl. dazu Fink, 2011, S. 32). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts untersuchte er die kreativen Fähigkeiten Jugendlicher und Erwachsener und kam zu dem Schluss, dass kreative Personen folgende Fähigkeiten aufweisen: Sensitivität für Probleme, Flüssigkeit (Ideenreichtum), Flexibilität, Originalität (mögliche Assoziationen, Schlagfertigkeit), Fähigkeit zur Umstrukturierung und zur Durchdringung des Sachverhalts (vgl. Guilford & Hoepfner, 1976, S. 156-167).

Der Gedanke, dass sich nicht nur Persönlichkeitsmerkmale, sondern auch das soziale Umfeld auf die Kreativität einer Person auswirken, ist in der Kognitionsforschung inzwischen weit verbreitet (vgl. Funke 2008). Ganz besondere Gewichtung verleiht dem sozialen Umfeld Csikszentmihalyi (2007), der Ende der neunziger Jahre das Systemmodell der Kreativität entwarf. Nicht die Frage was Kreativität ist, sondern wo sie stattfindet, sei von Vorrang (vgl. Csikszentmihalyi, 2007, S. 47). Die Kreativität entfalte sich innerhalb eines Systems, das aus drei Hauptkomponenten bestehe: einer Domäne, welche die Regeln und Verfahrensweisen determiniere, einem Feld, dem domänenkundige Personen angehören, und einem Individuum, das durch sein kreatives Tun, auf die Domäne zurückwirke (vgl. Csikszentmihalyi, 2007, S. 47). Csikszentmihalyis Betrachtung hat weitreichende Konsequenzen: ob jemand als kreativ zu gelten hat, würde nicht nur von den Persönlichkeitsmerkmalen einer Person abhängen, sondern auch von der Domäne, die Regeln und Verfahrensweisen vorgibt und über ein Produkt das Urteil fällt (vgl. Csikszentmihalyi, 2007, S. 48).

Beim Versuch, Kreativität zu definieren, fokussieren verschiedene Wissenschaftsdisziplinen in aktuelleren Veröffentlichungen weitere Aspekte. Einige davon seien hier erwähnt:

- Die kreative Handlung wird nicht nur in Bezug auf die Sache gesehen, sondern im Hinblick auf das Ordnungsgefüge, auf die Dimension, in der sie erfolgt und auf die sie einwirkt (vgl. Stenger, 2005, S. 674),
- Kreativität wird verstanden als ein Prozess individueller kognitiver Leistungen (vgl. Fink, 2011, S. 36, 37),
- der schöpferische Prozess bringt sowohl das Artefakt als auch den Schöpfer hervor (vgl. Stenger, 2005),
- kreative Prozesse vollziehen sich innerhalb einer Gesellschaft (Csikszentmihalyi, 2007, S. 41), welche ihre Rahmenbedingungen determiniert und auf welche sie wiederum zurückwirken (vgl. Heller, 2008).

5.3.1 Kreativität als Begabungsfaktor

In der gegenwärtigen psychologischen Forschung wird Kreativität als einer der Prädikatoren für Begabung angesehen (vgl. dazu Perleth & Sierwald, 2001, S. 249; Heller 2008, S. 37, 53).

Das Münchner Hochbegabungsmodell geht von einem mehrdimensionalen Begabungskonstrukt aus. Heller betrachtet an diesem Begabungsmodell den Umstand als diagnostisch besonders relevant, dass verschiedene Begabungsfaktoren als Prädikatoren für die Bestimmung hervorragender schulischer und außerschulischer Leistungen dienen (vgl. Heller, 2000, S. 24). Eine umfassende Definition von Kreativität müsste, so Heller, folgende vier Komponenten berücksichtigen: die kreative Persönlichkeit, die kreative soziale Umwelt, den kreativen Prozess des schöpferischen Tuns und die kreative Produktion (vgl. Heller, 2008, S. 15). Westmeyer (2008, S. 23) weist darauf hin, dass sich in der Kreativitätsforschung Definitionen durchgesetzt hätten, die diese vier Bereiche berücksichtigen.

Um die Persönlichkeitsmerkmale der Kreativität zu erforschen, wurden zahlreiche Kreativitätstests entwickelt, die meist das kreative Potenzial der Probanden messen, während die Performanz kaum untersucht wurde (vgl. dazu Westmeyer, 2008, S. 28; Heller, 2000, S. 186 – 190).

Alle aktuellen Kreativitätsansätze haben gemeinsam, dass sie die Kreativität nicht als Eigenschaft, sondern als ein Konstrukt ansehen (vgl. dazu Westmeyer, 2008, S. 21), welches sich in vielen Phänomenen des menschlichen Verhaltens äußert.

Westmeyer plädiert dafür, nicht nur den schöpferischen Prozess, sondern die Etablierung des Produktes und seine Durchsetzung bei der Erforschung der Kreativität zu berücksichtigen (vgl. Westmeyer, 2008, S. 28, 29). Damit bekommt das Produkt (wie schon bei Csikszentmihalyi, 2007) eine Schlüsselposition zugewiesen, denn dem Produkt wird die Kreativität zugesprochen oder auch nicht (vgl. Westmeyer, 2008, S. 25, 28). Gilt ein Produkt als kreativ, so kann sowohl der Urheber als auch der Entstehungsprozess als kreativ angesehen werden. Dies ist eine Sichtweise, welche der Erforschung der Kreativität in der Technik zugrunde lag.

5.3.2 Technische Kreativität

In den siebziger Jahren untersuchte Kaul die verschiedenen Möglichkeiten, die Kreativität im technischen Unterricht zu fördern. Er gründet seine Analyse des kreativen Verhaltens auf die Beobachtung von drei Merkmalen: der Persönlichkeit, des Prozesses

und des Produktes (vgl. Kaul, 1975, S. 50). Im Zusammenwirken der konstruktiven und kreativen Fähigkeiten sieht er die technische Intelligenz begründet (vgl. Kaul, 1975, S. 65). Den technisch kreativen Schüler beschreibt Kaul als offen für Informationen, kommunikationsfreudig, anspruchsvoll im Hinblick auf eigene Lösungsvorschläge, motiviert und geprägt durch Phantasie und innere Anteilnahme (vgl. Kaul, 1975, S. 64). Friedrich (2000, S. 291) definiert Kreativität als „Eigenschaft individueller Erkenntnisprozesse, die im Finden und/oder Lösen von Problemen besteht“ und deren Lösung für das Individuum oder die Gesellschaft als neuartig betrachtet wird. Technische Kreativität bedürfe des bereichsspezifischen Wissens, der Kenntnis der Realisierungsmöglichkeiten und der auf dem Fachgebiet existierenden Tendenzen und Erfordernisse.

Dass technische Konstruktionen von ihren Schöpfern Kreativität erfordern, ist sicherlich kaum umstritten. In der fachdidaktischen Literatur ist die Beschäftigung mit der Frage der Kreativität in den Bereichen der technischen Bildung eher als dürftig zu bezeichnen. Hier wird zwar vom Erfinden, Problemlösen oder Experimentieren gesprochen, aber der Kreativitätsbegriff wird kaum explizit erwähnt.

Geht man von der Annahme aus, dass Kinder im Primarstufenalter technische Probleme lösen können und diese Problemlösungen als mehr oder weniger kreativ bezeichnet werden können, dann stellt sich die Frage, ob und wie man die technische Kreativität wissenschaftlich erheben könnte.

Nicht das kreative Potenzial, sondern seine Performanz, d.h. sowohl das sichtbare und beobachtbare (kreative) Verhalten des Schülers während des Denk- und Arbeitsprozesses als auch das Produkt seines Handelns, das von ihm geschaffene Artefakt, ist in diesem Zusammenhang von Interesse.

Kreativität ist also nicht als geniale Begabung zu verstehen, sondern sie erstreckt sich – und zeigt sich – im gesamten Problemlösungsprozess von der Ideenfindung bis zum fertigen Produkt. Dies wird in der didaktischen Diskussion in Deutschland viel weniger diskutiert als im internationalen Raum. Wir werden später unter dem Begriff Design Process darauf zurückkommen.

5.3.3 Problemlösefähigkeit

Statt über Kreativität wird in der Didaktik zum Unterricht über Technik lieber vom Problemlösen im Unterricht (ausführlich bei Beinbrech, 2003) gesprochen. Es ist geradezu ein Modebegriff geworden, dass Unterricht an der Leitidee des (weitgehend selbstgesteuerten) Problemlösens auszurichten sei. Beinbrech ist da deutlich zurückhaltender.

Sie verweist auf die Kontextgebundenheit des Problemlösens (Beinbrech, 2003, S. 5) und kann in ihrer Untersuchung zeigen, dass die Selbststeuerung nicht die erwartete hohe Auswirkung hat.

Auch international ist die Rede von einer generellen Problemlösungskompetenz stark kritisiert worden. Verschiedene Autoren vermuten, dass es einen fächerübergreifenden Problemlöseprozess gibt, der von Technikunterricht gefördert werden kann (de Luca, 1992; Eggelstone, 1992; Sellwood, 1990). In den USA wurde mit dem Cognitive Research Trust ein Programm (CoRT) gegründet, das fachübergreifende Lösungsstrategien vermitteln soll. In einer Vielzahl von Kursen konnten Menschen sich hier in einer Art universellen Problemlösemethode ausbilden lassen (de Bono, 1985). Im Rahmen dieses Programms wurden didaktische Materialien und Fortbildungen angeboten.

Dieser Idee einer übergreifenden Problemlösekompetenz wurde jedoch auch nachdrücklich widersprochen (Johnsey, 1995). Hennessy, MacCormic und Murphy (1993) und Mayo (1993) reden gar von einem Mythos. Hunter-Grundin (1985) hat Unterrichtsmaterial des CoRT untersucht und keine Transferwirkung feststellen können. Auch Rennie, Treagust und Kinnear (1992) äußern sich kritisch.

Trotz dieser kritischen Hinweise besteht international eine starke Tradition in der Fokussierung auf methodenorientierten Unterricht, speziell im Blick auf Erfinden und ähnliche Prozesse. Die “International Technology and Engineering Educators Association” (ITEEA) wirbt auf ihrer Internetpräsenz für ein Programm I3 (invention-innovation-inquiry) mit einem Zitat eines Lehrers: “The hands-on, along with the critical-thinking skills the students will develop, will be used in other areas”³¹.

Die dadurch zum Ausdruck kommende, kontextunabhängige Einsatzmöglichkeit des Programms sehen wir kritisch.

Indem wir hier so ausführlich den Kreativitätsaspekt betonen und uns relativ kritisch zum Problemlösen äußern, wollen wir nicht etwa für einen Wechsel vom problemlösenden zum kreativen „Paradigma“ plädieren. Es geht vor allem darum, einen kaum thematisierten Aspekt (Kreativität) ins Bewusstsein zu rücken und einen (zumindest potenziell) überbetonten Begriff (Problemlösen) kritisch zu betrachten.

³¹ <http://www.iteea.org/i3/>

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für Technische Bildung empfehlen wir Technische Kreativität, welche sowohl Aspekte des Problemlöseverhaltens, als auch produkt- und personenbezogene Aspekte umfasst (s. o.).

*Messung:*

Zur Messung von Kreativität existiert eine Anzahl von Tests, wie z.B. der Kreativitätstest für Vorschul- und Schulkinder (KVS-P) von Krampen, Freilinger und Willems (1996). Die durch ihn erhobenen Daten sind allerdings sehr generell. Sein Aufbau könnte Hinweise zur Entwicklung eines angepassten Tests darstellen. Ähnlich der Test „Analyse des schlussfolgernden und kreativen Denkens“ (ASK) von Schuler und Hell (2005), der allerdings noch weniger geeignet erscheint, da er sich eher auf Hochbegabte bezieht und für eine deutlich ältere Altersgruppe ausgelegt ist. Interessant sind

lediglich die berufsspezifischen Items. Ebenfalls für viel ältere Kinder wurde der Berliner Intelligenzstruktur-Test (BIS) von Jäger, Süß und Beauducel (1997) entwickelt. Interessant sein könnte hier die Ausführung des Subtests „Einfallreichtum“.

Messinstrumente für die Kreativität speziell bezogen auf die Situation im Technikunterricht sind nicht bekannt. Die Faktoren, die dazu operationalisiert und in Verbindung gebracht werden müssten, müssten sowohl Persönlichkeitsaspekte wie Ausdauer, Zielstrebigkeit und geistige Wendigkeit enthalten. Also auch die Fähigkeit, Probleme zu erkennen, und Möglichkeiten, sie zu lösen zu generieren sowie eine produktbezogene Komponente enthalten, die Auskunft über das Niveau der tatsächlich realisierten Lösung enthält. Ein solches Instrument müsste erst noch entwickelt werden.

Wie schwierig eine Operationalisierung des Kreativitätsbegriffs ist, kann man an folgendem Beispiel erkennen. Die Kinder sollen eine Maschine bauen, die bestimmte Funktionen erfüllt. Ist nun das Objekt kreativer, welches eine Anzahl von klug zusammengesetzten Funktionsteilen hat oder dasjenige, das einen ganz simplen Mechanismus verwendet, der die Funktion auch erfüllt? Beide sind auf ihre andere Art und Weise kreativ.

Um geeignete Messinstrumente zu entwickeln, muss man daher eine Definition von Kreativität erstellen, die nicht mit den vorwissenschaftlichen Vorstellungen von Kreativität kompatibel ist. Eine Erfassung der Anzahl und der Qualität der verwendeten Wirkmechanismen scheint viel leichter zu operationalisieren sein als die Entscheidung, ob etwas „genial einfach“ ist.

Im Zentrum dieser Zieldimension steht der erste Teil des Design Process und die ihn konstituierenden Aspekte Ideenfindung, Entscheidung, Lösung von Detailproblemen. Da es kein geeignetes Instrument zur Erfassung des Design Process gibt, schlagen wir vor, auf der Basis der Kreativitätsforschung ein Instrument zu entwickeln, welches sich auf den Kern des Design Process konzentriert.

Es ist daher denkbar, folgende Faktoren zu erfassen und als wesentliche, wenn auch nicht in Gänze den Kreativitätsbegriff beschreibende, Variablen zu betrachten:

- a. die Problemlöseideen (als Skizze oder als Auswertung der Präsentation der Idee vor der Lerngruppe),
- b. die bearbeiteten Fragen/Probleme der Kinder beim Umsetzen der Problemlösung, sowie
- c. die verwendeten Wirkmechanismen.
- d. Erfassung der Persönlichkeitsmerkmale, von denen angenommen werden kann, dass sie kreative Persönlichkeiten auszeichnen, wie bspw. Ausdauer, Originalität der Ideen, Zielstrebigkeit

Zudem sollte die Anzahl und Art praktischer Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Idee sowie der Einfluss der Kommunikation mit den Peers auf die Entscheidung für eine bestimmte Lösung erfasst werden.

5.4 Technisches Wissen

Unter Wissen verstehen die Autoren dieser Expertise in Übereinstimmung mit Anders et al. (2013b) nicht nur Fakten oder allgemein akzeptiertes Wissen der Scientific Community, sondern auch subjektive Konzepte, die aus „verstandenenem“, zusammenhängendem und anwendbarem Wissen bestehen. Viele Untersuchungen zeigen, dass Grundschulkindern im naturwissenschaftlichen Bereich anschlussfähiges und belastbares Wissen entwickeln können. Dieses Wissen kann natürlich bei der Herstellung von Artefakten produktiv eingesetzt werden.

Spezifisch für Technik sind Wissensbereiche wie zum Beispiel Wissen über Werkzeuge, Handhabung von Maschinen und Geräten (Hammer, Säge, Schraubendreher usw.), Wartung von Objekten (Wechsel von Batterien, Schmieren, Reinigen usw.) und spezifische Tätigkeiten in technischen Berufen.

Ein weiterer Bereich der hinzukommt, ist die Frage, was Kinder überhaupt unter Technik verstehen (Meta-Verständnis von Technik).

In Deutschland liegen dazu kaum Untersuchungen vor; etwas besser ist die Situation in der internationalen Diskussion. Erwähnenswert im deutschsprachigen Raum ist insbesondere die Wirkungsstudie von Mammes (2001), die sich auf die Förderung des Interesses an Technik durch Unterricht bezieht. Die Fragestellung ist stark auf die Verringerung geschlechtstypischer Unterschiede in der Technikwahrnehmung und in der Ausprägung technischer Kompetenzen gerichtet. Als Erhebungsinstrument wurde ein Fragebogen entwickelt, der das technische Interesse ermittelt. Die dabei erhobenen Items beinhalten auch viele relevanten Bereiche des technischen Wissens wie z.B. das Ausmaß der Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten der Kinder, die Beliebtheit technischer Tätigkeiten, das technische Sachwissen und Kenntnisse über Werkzeuge (Struktur des Erhebungsinstruments in Mammes, 2001, S. 58). Die Untersuchung ist sehr gut dokumentiert und kann Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung sein.

5.4.1 (Meta-)Verständnis von Technik

Einer der Gründe, die der Anerkennung von Technik als eigenständigem Schulfach im Wege stehen, ist, dass Technik von vielen Pädagogen und wohl auch von den meisten Menschen nur als Anwendung von Naturwissenschaften verstanden wird. Untersuchungen dazu, was Kinder im Primarstufenalter unter Technik überhaupt verstehen, sind aus Deutschland wenige bekannt.

Wenn Erhebungen zu Technik durchgeführt werden, ist die Zielgruppe zumeist die Altersstufe Jugendliche oder Erwachsene, wie z.B. bei der Shell-Studie. Es werden Einstellungen zu Technik erhoben, was aber unter Technik verstanden wird, lässt sich nur aus den Tags der Darstellung des Ergebnisses indirekt erschließen. Bei der Shell-Jugendstudie 2006 (Hurrelmann, 2006) sind dies vor allem Objekte wie z.B. Computer, elektronische Geräte, Handy, Hi-Tech, Kommunikationstechnologie, aber auch Begriffe wie „in“. Es ist zu vermuten, dass auch jüngere Kinder Technik im Wesentlichen mit Geräten oder Maschinen assoziieren, die wenigen vorliegenden Untersuchungen werden im Anschluss aufgeführt.

Allgemeine Befragungen zur Einstellung zur Technik, wie sie häufig mit Jugendlichen und Erwachsenen durchgeführt werden, zeigen ein bemerkenswert positives Bild. Die oben erwähnte Shell-Studie z.B. nennt Technik mit 78 % Zustimmung auf Platz drei einer Liste von Begriffen, die Jugendliche mit „in“ bewerten. Allerdings muss hier noch einmal darauf verwiesen werden, dass die Befragung keine Kinder im Primarstufenalter erfasst.

Die bereits erwähnte Studie „Understanding and Providing a Developmental Approach to Technology Education“ UPDATE (Endepohls-Ulpe et al., 2008; Ruffer & Schwarze, 2011) erfasst verschiedene Aspekte, die den Zieldimensionen dieser Expertise zugeordnet werden können.

Die Arbeit von Endepohls-Ulpe (2008) untersucht anhand einer vorgegebenen Liste von Tätigkeiten, die als technische Tätigkeiten verstanden werden, die Auswirkungen auf Motivation und Leistungsselbstbild der Kinder. Die Auswahl der Items gibt Aufschluss über das zugrunde liegende Technikverständnis. Sie zeigt die deutliche Konzentration des Technikbegriffs auf Maschinen und elektronische Geräte, es fehlen die Aspekte der Soziotechnik. Da die Fragen von der Untersuchungsleiterin gestellt wurden, gibt dies natürlich auch Aufschluss über die Technikwahrnehmung der Lehrerin.

Eine Studie im Vorschulalter ist in Bezug auf Struktur und Methodik interessant, obwohl die Anzahl der Probanden klein ist (Turja & Paas, 2011). Diese Studie untersucht die persönlichen Ansichten der Kinder bezüglich Technik und Technikvermittlung im Allgemeinen und in Bezug auf die Geschlechterthematik. Ein strukturiertes Interview wurde entworfen, um den Kindern zu ermöglichen, eigene Ansichten über Technik und Technikvermittlung zu äußern. Es wurden Bilder und Geschichten eingesetzt, um das Interview zu stützen. Dieses gliederte sich in drei Teile:

Teil 1: Technikverständnis

Teil 2: Geschlechtsspezifische Unterschiede / Gleichbehandlung in technischen Handlungskontexten

Teil 3: Interessen und Orientierungen

39 Kinder aus Finnland und Estland, zwischen 4 bis 6 Jahre alt, nahmen an der Studie teil. Nur ein Drittel kannte den Begriff Technik. Hinsichtlich der Fragen nach technischen Rollenbildern und Technikvermittlung wurde den Kindern eine imaginäre Familie mit Mutter, Vater, Tochter und Sohn präsentiert. Sie wurden gebeten, diejenigen Familienmitglieder auszusuchen, welche in verschiedenen Situationen Dinge einkaufen (Computer, Auto, Fahrrad, Handy) bzw. Gegenstände reparieren (Lampe, Fahrrad,

Bild) würden (Turja & Paas, 2011, S. 18). Ergebnis waren die üblichen Stereotype. Ähnlich auch die Fragen zu den Lieblingsspielzeugen. Geradezu konträr die Liste der Geschlechter (siehe Tabelle 14).

	Jungen	Mädchen
beliebt	Auto Drachen Lego-Set	Puppe Stofftier Küchenherd
unbeliebt	Puppe Stofftier Küchenherd	Auto Drachen Lego-Set

Tabelle 14: Geschlechtstypische Rekonstruktion des Technikverständnis anhand von technischen Objekten (aus Turja & Paas, 2011, S. 21, gekürzt)

Es wurden eine Reihe interessanter Aspekte erfragt, z.B. wurden Kinder gefragt, was sie gern erfinden würden. Die Antworten der Kinder reichten von Standardobjekten wie Wundermaschine und Roboter bis zu einem neuen Tanz. Einige Erfindungen zielten auch auf Verbesserungen (Turja & Paas, 2011, S. 23) bereits bestehender Artefakte. Die Frage nach der Gerätenutzung (Handarbeitsutensilien, Werkzeuge für Holzarbeiten, Haushaltsgeräte, Kochgeräte und Computer) differierten nur bei Holzbearbeitungswerkzeug signifikant.

Es wurden auch Berufswünsche erfragt. Sie reichten von „Dinosaurierknochen ausgraben“ bis „Verkäuferin“. Aus verschiedenen Gründen wurden diese nicht weiter klassifiziert.

Untersuchungen über die Wahrnehmung von Technik durch Primarstufenkinder sind auch international eher selten, meist beziehen sie sich auf ältere Kinder. Dennoch gibt es einige Ergebnisse.

Eine neuere Untersuchung von Mawson (2010) befasst sich in einer Fallstudie mit nur 7 Probanden. Sie konnte im Verlauf der Untersuchung feststellen, dass sich das Technikverständnis von einem anfänglich personenzentrierten (personal view) Blickwinkel zu einem eher an den elektronischen, das alltägliche Leben begleitenden Objekten (wie Computer etc.) orientierten Blickwinkel wandelte (socially focused high technology). Eine Reihe älterer Studien von Rennie und Jarvis (1995) sowie Jarvis und Rennie (1998) sind empirisch ausgerichtet. Sie entwickelten zwei Instrumente zur Erfassung der Kinderkonzepte zu „technology“. Erhoben wurden Daten von 314 englischen und 745 westaustralischen Kindern im 2. bis 6. Schuljahr. Eine Untergruppe von 81 englischen

sowie 164 australischen Kindern und ihre Lehrkräfte wurden zusätzlich interviewt. Die Tests bestanden aus einem Zeichen- und Schreib-Test („Was fällt dir ein zu Technik; schreibe/zeichne“) und einem Bilderquizz (Kinder sollten Szenen auf Bildern ankreuzen, die etwas mit Technik zu tun haben). Bei den Interviews konnten sich die Kinder zu dem äußern, was sie vorher gemacht haben (writing/drawing und picture quizz).

Die Ergebnisse von Rennie und Jarvis (1995) und Jarvis und Rennie (1998) zeigen, dass sich das Technikverständnis mit zunehmendem Alter ausdifferenziert. Der soziale Kontext von Technik wird nicht erkannt; Technik wird vorwiegend mit (modernen) Artefakten assoziiert. Sie zeigen einen offenbar unterrichtsbedingten Unterschied zwischen englischen Kindern (mit dem Schulfach Technik) und australischen Kindern (ohne Technik). Schulunterricht hat positive Auswirkungen auf die Stabilität und Differenziertheit der Konzepte. Es traten auch Effekte der außerschulischen Umgebung auf, geschlechtstypische Unterschiede waren gering.

Empfohlene Zieldimensionen:

Als Zieldimension für Technische Bildung wird ein (Meta-)Verständnis von Technik empfohlen, das sich auf die Gesamtheit der nutzenorientierten Artefakte bezieht. Neben der Identifikation von Technik durch die Faktizität der Artefakte sollte auch die Soziotechnik, vor allem ihr Entstehungs- und Verwendungszusammenhang in das Technikverständnis einbezogen werden. Dass technische Objekte das Ergebnis des Bemühens um bessere Lebensbedingungen und der Befriedigung von Wünschen und Bedürfnissen sowie das Ergebnis kultureller Gegebenheiten ist, gehört unverzichtbar zum Verständnis von Technik. Es gibt jedoch wenige Untersuchungen, die diesen Aspekt aufgreifen.

Messung:

Die vorliegenden Instrumente wie die Shell-Jugendstudie (2006), sowie die bereits angesprochene UPDATE Studie erheben das Technikverständnis. Die angeführten Untersuchungen bieten Anregung zur Entwicklung eines Messinstruments, welches das Technikverständnis der Kinder erfasst. Neu zu entwickeln wäre ein Instrument, welches das Verständnis der sozialen Dimension der Technik erfasst.

5.4.2 Wissen über Materialeigenschaften

Das technische Wissen ist geprägt durch die Vorerfahrungen der Kinder im Umgang mit Material und Werkzeugen. Diese werden in der täglichen Begegnung mit Alltagsmaterial erfahren und können systematisch erweitert werden.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für Technische Bildung empfehlen wir, dass Kinder über die Eigenschaften von verbreiteten Materialien wie Holz, Metall, Kunststoff und Papier Bescheid wissen. Dabei soll dieses Wissen kein „lexikalisches“ Faktenwissen sein, sondern die sachgerechte Handhabung der Materialien in alltäglichen Situationen ermöglichen. Bei der Herstellung von Objekten sollen die Materialeigenschaften gezielt genutzt werden, um geeignete Lösungen für geeignete Konstruktionen zu finden.

Messung:

Es ist anzunehmen, dass auf das Wissen über die Materialeigenschaften im Kindergartenalter eher indirekt aus dem Verhalten der Kinder zu schließen ist, indem die Kinder bei der Auswahl der Materialien und im Umgang mit ihnen beobachtet werden. Ältere Kinder im Vorschul- und Grundschulalter sind dagegen in der Lage die Materialeigenschaften zu beschreiben bzw. sie den Materialien zuzuordnen. Geeignete Messinstrumente müssen allerdings erst entwickelt werden.

5.4.3 Wissen über die Handhabung von Werkzeugen und Geräten

Der Einsatz von Werkzeugen ist bei vielen technischen Arbeitsweisen ein zentraler Gesichtspunkt. Welche Erfahrungen Kinder mit Werkzeugen haben, ist allerdings kaum untersucht. Die meisten Kinder bringen Werkzeugerfahrungen aus ihrem Alltagsleben mit.

Schmeinck und Kosack (2003) untersuchten außerschulische Werkzeugerfahrungen von Dritt- und Viertklässlern und befragten die Eltern zu Werkzeugen im Haushalt und ob die Kinder sie nutzen dürfen. Die Ergebnisse der Studie bestätigten die Annahme, dass die Nutzungshäufigkeit der Werkzeuge stark variiert und davon abhängig zu sein scheint, ob die Werkzeuge im häuslichen Alltag ihre Verwendung finden. Jungen scheinen häufiger Werkzeuge zu nutzen als die Mädchen. Allerdings ist bei der Interpretation der Daten Vorsicht geboten, denn die Ergebnisse der Eltern- und der Kinderbefragung scheinen sich zu widersprechen. Manche Kinder gaben an Werkzeuge zu nutzen, obwohl sie von den Eltern keine Erlaubnis dazu hatten (Schmeinck & Kosack, 2003).

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für die Technische Bildung empfehlen wir, das Wissen über Handhabung von Werkzeugen und Geräten aufzugreifen und systematisch auszubauen. Alle Kinder sollten mit den gängigsten Werkzeugen wie Hammer, Schraubendreher, Säge usw. sowie mit Messgeräten³² wie Maßstab, Waage usw. vertraut sein. Alle Kinder

³² Der Ausdruck „Messgerät“ soll auch die genannten Messzeuge umfassen.

sollten zunehmend handhabungssicher Arbeitsweisen wie Nageln, Schrauben, Sägen usw. erledigen können.

Messung:

Durch schriftliche Befragung der Kinder, ihrer Eltern als auch der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte können die Vorerfahrungen der Kinder mit Werkzeugen und Geräten ermittelt werden. Nicht nur für die Kita- sondern auch für die Grundschulkinder bieten sich dazu ikonische Darstellungen an, da die Kenntnis der Bezeichnungen für Werkzeuge und Geräte nicht als selbstverständlich angesehen werden kann.

Die Ausprägung der Handhabungsfähigkeit kann beim Umgang mit den Werkzeugen protokolliert werden.

5.4.4 Wissen über technische Mechanismen

Es ist anzunehmen, dass Kinder bereits in der frühen Kindheit über ein implizites Wissen über technische Mechanismen wie z.B. Kräfteübersetzung durch Hebel verfügen. Davon zeugt der frühe Gebrauch von Werkzeugen und Geräten. Das explizite Wissen der Kinder über Mechanismen und seine mentale Struktur wissen wir allerdings noch wenig. Da ein Zusammenhang zwischen dem Wissen über technische Mechanismen und den technischen Denk- und Handlungsweisen anzunehmen ist, empfehlen die Autoren diese Zieldimension.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für Technisches Wissen empfehlen wir, Wissen über technische Mechanismen systematisch auszubauen. Die Kinder sollen auf der Handlungsebene mit Mechanismen zur Übertragung von Kräften und zur Umwandlung von Bewegungen vertraut sein und sie anwenden können.

*Messung:*

Bei jüngeren Kindern kann auf ihr Wissen über die technischen Mechanismen eher im direkten, handelnden Umgang bei der Herstellung und Nutzung der technischen Objekte erschlossen werden. Hierzu können Protokolle der Handlungsweisen der Kinder bei der Arbeit genutzt werden. Auch aus den Skizzen der Kinder sowie den gefertigten

Objekten lässt sich die Vertrautheit mit technischen Mechanismen rekonstruieren. Bei älteren Kindern scheinen als Messinstrumente teilweise der Mechanisch-Technische Verständnistest (MTVT) von Lienert (1958) und der Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses PTV (Lienert, 1964) geeignet zu sein, sie müssten allerdings modernisiert und erweitert werden. Dazu könnten sich Aufgaben innerhalb des Design Processes eignen. Für Kinder im Grundschulalter sind auch Aufgaben denkbar, bei denen den Kindern eine Art „Blackbox“-Modell präsentiert wird und die Kinder dann den der Maschine zugrundeliegenden Mechanismus zeichnen.

5.5 Übergreifende Basiskompetenzen

Für die folgenden Basiskompetenzen kann allgemein gesagt werden, dass sie keine direkte Zieldimension technischer Bildung darstellen, sondern in technischen Bildungsprozessen eher indirekt angesprochen werden bzw. eine moderierende Rolle spielen. Sie können daher als Kontrollvariable in der Begleitforschung sehr nützlich sein.

5.5.1 Kognitive Kompetenzen

Allgemeine kognitive Basisfähigkeiten wie Leseverständnis, Intelligenz usw. spielen immer eine wichtige Rolle beim Lernen. Daher gibt es auch eine Anzahl von Tests hierzu. Da zu erwarten ist, dass eine stärkere Ausprägung solcher kognitiven Kompetenzen positive Auswirkungen auf alle problemlösenden Verfahren haben werden, bietet es sich an, diese als Kontrollvariablen zu messen. Anders und Sodian gehen in der Grundschulstudie ausführlich auf diesen Bereich ein (Anders et al., 2013b, S. 40), so dass hierzu keine weiteren Ausführungen gemacht werden.

Messung:

Zur Messung allgemeiner kognitiver Kompetenz im Primarstufenalter existiert eine Reihe von Tests, die besonders im Hinblick auf die Einschulung und die Diagnose von Lernstörungen entwickelt wurden. Zu nennen wäre hier der Kognitive Fähigkeitstest (KFT 1-3) von Heller und Geisler (1983) oder Teile des Berliner Intelligenzstruktur Test (BIS-HB) von Jäger, Süß und Beauducel (1997) sowie für ältere Kinder (ab 8 Jahren) der Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CTF-20 R) von Weiß (2008).

Darüber hinaus halten die Autoren den Mechanisch-Technischen Verständnistest (MTVT) von Lienert (1958) und den Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses PTV (Lienert, 1964) für geeignet zur Erfassung kognitiver Fähigkeiten bzw. des technischen Verständnisses.

5.5.2 Manuelle Kompetenzen und (fein-)motorische Fähigkeiten

Wichtig als technische Basiskompetenz sind darüber hinaus manuelle Kompetenzen bzw. motorische Fertigkeiten, weil sie bei der Umsetzung von Ideen in materielle Objekte von Bedeutung sind. Es ist anzunehmen, dass die Kinder beim Arbeiten mit Material und Werkzeugen einen Zuwachs an motorischen Fähigkeiten erlangen.

Messung:

Hierzu gibt es Tests, die sich jedoch auf Störungen beziehen, wie z.B. das Diagnostische Inventar motorischer Basiskompetenzen bei lern- und entwicklungsauffälligen Kindern im Grundschulalter (DMB; Eggert, Ratschinski & Reichenbach, 2008).

Ein speziell für Technik entwickelter Test, der Mechanisch-Technische Verständnistest (MTVT; Lienert, 1958) ist zwar ebenfalls für ältere Kinder entwickelt worden und man sieht den Abbildungen an, dass er schon über 50 Jahre alt ist, bietet jedoch die meisten Anhaltspunkte für ein speziell zu entwickelndes Instrument. Er misst jedoch nicht die motorischen Fähigkeiten, sondern das Verständnis, das zum gezielten Einsatz motorischer Fähigkeiten notwendig ist (vgl. Abschnitt 5.4.4).

Zuverlässige Daten lassen sich nach Einschätzung der Autoren nur über Beobachtungsprotokolle der Fähigkeiten der Kinder bei der Arbeit erheben.

5.5.3 Sprachliche Kompetenzen

Die Bedeutung der Sprache für alle Bildungsprozesse ergibt sich aus dem Umstand, dass die Sprache uns ermöglicht die Zusammenhänge zu erkennen und somit die Bedeutungen, welche wir den Sachverhalten zuweisen, formt. Eine der Möglichkeiten die Erfahrungen zu speichern besteht darin, die Wirklichkeit mental zu repräsentieren (vgl. Bruner, 1974, S. 316). Bei diesen Repräsentationen handelt es sich nicht um starre Gebilden oder Definitionen mit klar umrissenen Grenzen, sie müssen vielmehr in ihrem Prozesscharakter betrachtet werden (vgl. Rosch, 1999, S. 72 f). Im Prozess ihrer Generierung sind sie kontext- und situationsgebunden (vgl. Waldmann, 2002, S. 435; Mandl, 1997, S. 8 f). Sprachliche Fähigkeiten ermöglichen es dem Menschen seine Erfahrungen zu generalisieren, Begriffe hierarchisch zu ordnen, Aussagen zu verknüpfen, Schlussfolgerungen zu ziehen – und zwar unabhängig vom aktuellen Kontext (vgl. Gentner, 2003, S. 195). Die Sprache ermöglicht es uns hypothetische Annahmen zu treffen, uns externer Symbole zu bedienen, um Informationen zu repräsentieren (vgl. Gentner, 2003, S. 195). Gentner (2003) vertritt die Ansicht, dass dies möglich ist aufgrund der sprachlichen Fähigkeiten, welche uns ermöglichen eine Grammatik zu erlernen, linguistische Symbole zu erfinden und sie zu gebrauchen.

In der Expertise von Anders et al. (2013 a) wurde im Kapitel 2.4.3. *Sprachliche Kompetenzen* die Bedeutung der sprachlichen Kompetenzen für die allgemeine kognitive Entwicklung des Kindes und ihre Bedeutung im naturwissenschaftlichen Kontext hingewiesen. Die besondere Bedeutung der Sprache in der technischen Bildung lässt sich aus dem oben dargestellten erschließen: die mentale Speicherung und Strukturierung der Erfahrungen, deren symbolische Repräsentation, der Gebrauch und das Erfinden der linguistischen Symbole sind Fähigkeiten, die es den Kindern ermöglichen die Welt zu erschließen. Große Bedeutung kommt dabei nicht nur der Benennung der Gegenstände, der Prozesse und der Eigenschaften zu, sondern vor allem den Prozessen, welche in einem sozialen und kulturellen Kontextes der Aushandlung und Festlegung der Bedeutungen dienen.

Messung:

Die vielfältigen kognitiven und sprachlichen Fähigkeiten erfordern jeweils spezifische diagnostische Instrumente. Es bestehen Messinstrumente, welche Sprachverständnis, Wortschatz, phonologische Fähigkeiten usw. diagnostizieren können.

In der Expertise von Anders et al. (2013 a) wurden die Möglichkeiten zur Messung der sprachlichen Kompetenzen dargestellt, auf die in der vorliegenden Expertise verwiesen wird.

Unterschieden wird zwischen den

- a. allgemeinen Sprachtests, welche die rezeptive und produktive Aspekte verschiedener Sprachkomponenten erfassen
- b. Sprachtests, welche spezielle sprachlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten erfassen und
- c. sprachbezogene Subtests im Rahmen von Entwicklungstests oder von Tests zur Erfassung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten (vgl. Anders et al., 2013 a, S. 58)

5.5.4 Soziale Kompetenzen

Die Bedeutung sozialer Kompetenzen beim Lernen in Gruppen ist evident. Die technikspezifische Bedeutung tritt vor allem bei der gemeinsamen Bewertung von Ideen zur Problemlösung und der Bewertung von Produkten bezüglich ihrer Kriterienerfüllung zu Tage. Obwohl die sozialen Kompetenzen keine primäre Zielperspektive der technischen Bildung darstellen, können sie bei Wirkungsstudien als Kontrollvariablen von Bedeutung sein.

Messung:

Es existieren mehrere standardisierte Verfahren zur Erfassung sozialer Kompetenzen bei Kindern. Sie basieren auf Ratings von Erwachsenen (Eltern, pädagogische Fach- und Lehrkräfte). Die Kompetenzskalen des Elternfragebogens über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen (CBCL/ 4-18, Arbeitsgruppe Deutsche Child Behaviour Checklist, 1998) und einige Items der Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ, Goodmann, 1997) könnten für die Entwicklung eines technikspezifischen Messinstruments verwendet werden.

6. Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte sind dieselben Zieldimensionen von Bedeutung wie auf Ebene der Kinder. Dazu kommen erwachsenenspezifische Zielbereiche. Im folgenden Kapitel wird der Stand der Forschung mit der Blickrichtung auf die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte dargestellt. War der Stand der Forschung in Bezug auf die Kinder schon kaum mehr als dürftig, so kann in Bezug auf die Fach- und Lehrkräfte der Stand nur als Forschungsdesiderat bezeichnet werden. Untersuchungen, die sich auf den technischen Bereich beziehen, sind kaum bekannt und dort, wo sie vorliegen, haben sie eine deutliche didaktische Ausrichtung (vgl. Kap. 6.5.5). Untersuchungen über die professionellen Kompetenzen von Fachlehrkräften sind sehr aufwendig. Im Bereich Mathematik sind durch das Forschungsprojekt: „Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz“ (COACTIV, Kunter, Baumert, Blum, Klusmann, Krauss & Neubrand, 2011b) einige Ergebnisse erarbeitet worden, die auch für Technische Bildung von Bedeutung sein könnten. Inwieweit sie übertragbar sind, müsste angesichts der unterschiedlichen Ausgangslage noch geklärt werden. Die Studie konnte mit Mathematiklehrenden arbeiten, die ein didaktisches und fachwissenschaftliches Studium absolviert haben. Voll ausgebildete Techniklehrkräfte in der Grundschule oder in der Kita gibt es aber kaum. Der Unterricht wird zumeist von Sachunterrichtslehrkräften bestritten, die kaum Berührungspunkte mit Technikdidaktik hatten. Die auf der Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte empfohlenen Zieldimensionen sind nachfolgend im Einzelnen erläutert und im Anhang grafisch illustriert (vgl. Anhang 1.2).

6.1 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Analog Anders et al. (2013b, c) werden auch in Bezug auf den Bildungsbereich Technik die Aspekte „Emotionale Haltung zu Technik“, „Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit Technik und (Leistungs-)Selbsteinschätzung“, „Interesse an Technik“, sowie die „Motivation/Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung technischer Bildung“ als wesentliche Zieldimensionen für Pädagoginnen und Pädagogen empfohlen. Im Folgenden werden sie näher erläutert.

6.1.1 Emotionale Haltung zu Technik

Die emotionale Haltung von Fach- und Lehrkräften gegenüber der Technik dürfte sich nicht von den Befunden der regelmäßigen repräsentativen Erhebungen über „Technikfeindlichkeit“ (Kistler, 2005) unterscheiden. Technik wird durchaus nicht einseitig als bedrohlich oder faszinierend empfunden, sondern es werden Chancen und Risiken wahrgenommen.

Als Zieldimension wird eine emotionale Haltung bei pädagogischen Fach- und Lehrkräften angestrebt, die durch eine neutrale bis positive Aufgeschlossenheit gegenüber technischen Inhalten gekennzeichnet ist. Ähnlich der motivationalen Zieldimension bei Kindern empfehlen wir auch bei Fach- und Lehrkräften eine Ausprägungsform, die von Nüchternheit, Sachlichkeit und pragmatische Orientierung gekennzeichnet ist (vgl. auch Kapitel 6.2.2).

6.1.2 Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit Technik und (Leistungs-)Selbsteinschätzung

Zu erwarten ist, dass die meisten Fachkräfte ähnlich wie die Lehrkräfte des Sachunterrichts zwar die Bedeutung der Technik anerkennen, aber über zu wenig Erfahrung und geringe Selbstwirksamkeitserwartung verfügen (Möller et al., 1997), um sich zuzutrauen, technische Problemstellungen im Unterricht aufzugreifen. Ähnliche Befunde liegen auch international vor. Stein, McRobbie. und Ginns (1998) fanden, dass „Junglehrer“ ein geringes Selbstvertrauen in ihre Fähigkeiten haben, technische Inhalte zu vermitteln, und vermuten einen Zusammenhang mit deren naiven Konzepten über Technik und Technische Bildung sowie in einer ungenügenden Ausbildung während ihres Studiums. Möller et al. (1996, 1997) können jedoch im Rahmen ihres Pilotprojekts „Barrieren überwinden“ mit gezielten Kursen eine positive Entwicklung der Selbstwirksamkeit feststellen.

6.1.3 Interesse an Technik

Das Interesse an Technik zeigt sich vor allem in der Beschäftigung mit Technik im privaten Bereich. Diese Beschäftigung kann praktisch handelnd sein, aber auch theoretisch. In der bereits erwähnten Studie erhoben Möller et al. (1996) das private Interesse an Technik von ca. 1000 Lehrenden des Landes Nordrhein-Westfalen in den Stufen „ziemlich unwichtig“, „eher unwichtig“, „eher wichtig“ und „sehr wichtig“ in einem Fragebogen: Die Interessenvariable wurde aus einer theoretischen und einer praktischen Komponente aggregiert. Bei weiblichen Lehrenden war das Interesse in den ersten drei Stufen fast gleich verteilt und fiel bei der Stufe „sehr wichtig“ auf 10% ab. Männliche Lehrende hatten mit über 50% ein hohes privates Interesse (sehr wich-

tig). Angestrebt wird eine Verringerung des Einschätzungsanteils in den beiden unteren Stufen („ziemlich unwichtig“, „eher unwichtig“) zugunsten einer Erhöhung des Interesses („eher wichtig“ und „sehr wichtig“).

6.1.4 Motivation/Enthusiasmus in Bezug auf die Gestaltung technischer Bildung

Ob technische Inhalte im Unterricht behandelt werden, ist im Wesentlichen eine Abwägung mehrerer Entscheidungsmomente. Technische Inhalte stehen u.a. in Konkurrenz zu anderen Inhalten. Die Studien von Möller et al. (1996, 1997) geben Aufschlüsse über die Bedeutung, welche die Lehrkräfte technischen Inhalten im Unterricht zumessen. In einer sechsstufigen Rating-Skala hielten 43% der Lehrkräfte technische Inhalte für sehr wichtig, 25% für wichtig. Dennoch werden solche Inhalte vergleichsweise selten thematisiert, weil Inhalte anderer Fächer von ca. 50% der Lehrkräfte für „teils-teils“ (ca. 35%) oder „eindeutig“ (ca. 16%) für wichtiger gehalten werden. Ziel wäre hier eine Motivationslage, die eine persistierende Auseinandersetzung der Kinder mit technischen Inhalten für sinnvoll und erfolgversprechend hält (vgl. auch Kapitel 6.5).

Messung:

Die Studie von Anders et al. (2013a) schlägt vor, auf die Ergebnisse von Kunter et al. (2011a, b) zurückzugreifen, um eigene Instrumente zu entwickeln. Auch Mammes (2008) und Möller et al. (1996, 1997) haben Instrumente entwickelt, die als Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung der Erfassung dieser Zielfacetten in Bezug auf Technik genutzt werden können. Sie verwendeten Fragebögen, die das Interesse an Technik in Selbstrating-Skalen erfassen und dabei sowohl das theoretische Interesse als auch den Umfang der praktischen Auseinandersetzung mit technischen Objekten im Privatleben berücksichtigen. Diese Instrumente können wahrscheinlich zum Teil direkt übernommen werden.

6.2 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten

Das Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten von Fach- und Lehrkräften sollte dem der Kinder entsprechen; es kann jedoch erwartet werden, dass die Fach- und Lehrkräfte ein höheres Kompetenzniveau als Grundschul- kinder aufweisen.

6.2.1 Technische Denk- und Handlungsweisen

Empfohlene Zieldimension:

In Bezug auf das Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten gelten auch für Erwachsene die bei den Kindern aufgeführten Teilaspekte, allerdings wird ein höheres Niveau und eine realistischere Planung in Bezug auf Realisierungsmöglichkeiten von Problemlösungen angestrebt. Von Erwachsenen könnte auch erwartet werden, dass sie die im Unterricht thematisierten Problemlösungsprozesse auf die Technik außerhalb der Schule übertragen können, z.B. erkennen können, dass Artefakte einen Kompromiss aus unterschiedlichen, teilweise widersprüchlichen Anforderungen darstellen, wie beispielsweise an einem selbstgefertigten Möbelstück im Unterschied zu einer Einzelfertigung eines Handwerkers oder eines in Serie gefertigten Möbelstücks deutlich wird.



Wichtige Denk- und Handlungsweisen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte sind:

- a. Technische Probleme erkennen
- b. Lösungsideen entwickeln im Hinblick auf Wirkmechanismen, Design, Entsorgung, Sicherheit,
- c. Ideen kommunizieren
- d. Ideen grafisch darstellen
- e. grafische Darstellungen verstehen
- f. Materialeigenschaften prüfen und erkunden
- g. geeignete Materialien auswählen
- h. Fertigungsabläufe planen
- i. Fertigungsabläufe durchführen
- j. Fertigungsschritte überprüfen
- k. technische Verfahren zielgerichtet anwenden

Messung:

Standardisierte Messinstrumente zur Erfassung technikbezogener Denk- und Arbeitsweisen bei Erwachsenen liegen noch nicht vor. Geeignet sind hier vor allem qualitative Verfahren, welche auf der gezielten Beobachtung sowohl der sprachlichen Äußerungen

der Fach- und Lehrkräfte als auch ihrer Handlungen beruhen. Darüber hinaus bieten Zeichnungen und auch die hergestellten Objekte der Fach- und Lehrkräfte Hinweise auf Lösungsideen, die nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet werden können.

Grundsätzlich könnten die Instrumente, die bei den Kindern zum Einsatz kommen, wahrscheinlich auch bei den pädagogischen Fach- und Lehrkräften verwendet werden. Zusätzlich bieten sich Interviews an, in denen die Fach- und Lehrkräfte über ihre Dank- und Handlungsweisen reflektieren.

Auf diese Situation angepasste Instrumente liegen jedoch noch nicht vor; zu diesem Schluss kommen im Hinblick auf Naturwissenschaften auch die beiden Studien von Anders et al. (2013a, b). Sie nennen das Projekt Science_P (Möller, Sodian, Hardy, Koerber & Schwippert, in Vorbereitung), bei dem Instrumente entwickelt werden, die Wissensstrukturen von Grundschullehrkräften erheben sollen. Das Projekt soll noch bis 2014 laufen und die vorgelegten Zwischenergebnisse beziehen sich auf „naturwissenschaftliches Wissen“ sowie „Wissen über Naturwissenschaften“. Die Inhaltsgebiete beziehen sich auf typische naturwissenschaftliche Gebiete (Schwimmen und Sinken sowie Verdunstung und Kondensation).

Eine Adaption der in diesem Projekt erarbeiteten Instrumente auf Technikunterricht müsste die techniktypischen Denk- und Vorgehensweisen berücksichtigen, wie sie oben anhand des technischen Problemlösungsprozesses aufgeführt wurden.

6.2.2 Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte

Empfohlen wird, wie bei den Kindern, die Zieldimension Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte, welche die folgenden Aspekte umfasst: Abwägung zwischen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten, Bewertung der Artefakte im Hinblick auf ihre Erprobung und Verwendung, Bewertung der Artefakte im Hinblick auf Zweckerfüllung, Technik als Teil der Kultur begreifen.

Auch für pädagogische Fach- und Lehrkräfte wird eine nüchterne und kritische Auseinandersetzung und Bewertung technischer Sachverhalte empfohlen, die auf einer realistischen Wahrnehmung der Voraussetzungen und Folgen technischen Handelns beruht. Pädagoginnen und Pädagogen sollten in der Lage sein, technische Produkte nicht nur als mehr oder weniger gut funktionierende materielle Objekte wahrzunehmen, sondern sie sollten ebenso ihre Notwendigkeit, Nützlichkeit, Preis, Umweltverträglichkeit und Wartungsfreundlichkeit für sich und die Gesellschaft bewerten können.

Messung:

Messinstrumente zum Bewertungsvermögen technischer Sachverhalte sind nicht bekannt und müssten noch entwickelt werden. Die Messung könnte in Form von qualitativen Erhebungsverfahren erfolgen (vgl. Kapitel 5.2.2).

6.2.3 Allgemeine wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Die wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen der Erwachsenen unterscheiden sich wahrscheinlich nicht von denjenigen, die bei den Kindern genannt wurden:

1. Bewusst erfahren und beobachten
2. Erfahrungen beschreiben und festhalten
3. Erfahrungen vergleichen und diskutieren
4. Erwartungen bilden und Vermutungen aussprechen
5. Ausprobieren und Experimentieren
6. Erfahrungen bewerten und begründen
7. Erfahrungen integrieren und Abstraktionen bilden
8. Weiterführende Überlegungen anstellen

Auch bei den Erwachsenen steht nicht die Theoriebildung im Vordergrund, sondern die Lösung einer konkreten Problemsituation, die in der Technik häufig erfahrungsbasiert abläuft und nicht primär theoriegeleitet. Erwartet wird eine höhere Qualitätsstufe bei den einzelnen Aspekten.

Messung:

Geeignete Messinstrumente sind uns nicht bekannt. Entsprechende Instrumente zur Erfassung naturwissenschaftlicher Prozesskompetenzen könnten angepasst werden (vgl. Anders et al., 2013a, b).

6.3 Technische Kreativität

Wie bei den Kindern ausgeführt, empfehlen wir, die Zieldimension technische Kreativität auf messbare Aspekte des Problemlöseverhaltens sowie produkt- und persönlichkeitspezifische Variablen zu erfassen (vgl. Kap. 5.2) Vor allem sind dies:

- a. Entwickeln und Präsentieren von Problemlöseideen
- b. Beantwortung von Fragen zu Problemen der Kinder beim Umsetzen der Problemlösung sowie der verwendeten Wirkmechanismen
- c. Persönlichkeitsmerkmale
- d. Bewältigung praktischer Schwierigkeiten

Ob die pädagogische Fach- und Lehrkräfte ein ausgeprägtes Maß an technischer Kreativität aufweisen müssen, um Kinder erfolgreich zu fördern, ist jedoch nicht bekannt³³. Es kann jedoch angenommen werden, dass eine ausgeprägte Kreativität der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte hilfreich ist, Kinder bei der Ausbildung ihrer Kreativität zu unterstützen. Hier besteht noch viel Forschungsbedarf.

Empfohlene Zieldimensionen:

Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte sollen kreative Aspekte der Kinder erkennen und fördern.

Messung:

Geeignete Messinstrumente sind nicht bekannt und müssten erst noch entwickelt werden.

6.4 Technisches Wissen

National wie international weist die Befundlage darauf hin, dass der Wissensstand der Lehrkräfte in der Grundschule im Bezug zu technischen und technikdidaktischen Wissen nicht befriedigend ist. In Deutschland haben sehr wenige Lehrkräfte der Grundschule ein Fach mit Technikbezug studiert. Eine Vergleichsstudie zwischen Lehrkräften, die „fachfremd“ Technik unterrichten und jenen, die nur ein ähnliches Fach studierten (z.B. Werken oder polytechnischen Unterricht) wäre auch fachdidaktisch höchst attraktiv, sie wurde jedoch nie durchgeführt. Die weiter unten aufgeführten Untersuchungen von Möller et al. (1996) und Bleher (2001) erheben jedoch zumindest Teilaspekte zur Auswirkung der Vorbildung der Fachkräfte auf die didaktische bzw. methodische Performance der Fach- und Lehrkräfte.

6.4.1 (Meta-)Verständnis von Technik

Es liegen keine spezifischen Untersuchungen in Deutschland über das (Meta-)Verständnis der Fach- und Lehrkräfte über Technik vor. Es ist anzunehmen, dass sich deren Verständnis von Technik hauptsächlich auf einen kleinen Sektor der Sachtechnik, vor allem Elektronik und Computer, aber auch Maschinen und ähnliches bezieht. Deutsche Untersuchungen darüber sind nicht bekannt, aber im internationalen Bereich liegen dazu Untersuchungen vor (Rennie, 1987; Jones & Carr, 1992; Curwood, 1996). Diese Kenntnisse lassen sich aber bei Studentinnen und Studenten in Kursen für Techniklehrer verändern. McRobbie und Kollegen (2000) berichten von Studierenden eines

³³ Ein Fußballtrainer muss ja auch nicht unbedingt ein kreativer Fußballspieler sein

Postgraduiertenkurses für Techniklehrer. Diese hatten zwar gute Technikenntnisse, aber ein „naives“ Verständnis von Technik als Prozess. Ein aufgeklärtes Verständnis von Technik bezieht die soziotechnische Perspektive mit ein. Durch gezielte Kurse konnten die Defizite verringert werden.

6.4.2 Wissen über Materialeigenschaften, Handhabung von Werkzeugen und technische Verfahren und Mechanismen

Es sind keine Untersuchungen zu diesen Wissensbeständen bekannt. Die Vermutung liegt nahe, dass nur zufällig erworbenes Wissen vorhanden ist, da es an ausgebildeten Fachkräften mangelt. Das in den Untersuchungen von Möller, Tenberge und Ziemann (1996 und 1997) bei den Lehrkräften festgestellte geringe Selbstvertrauen ist eine Folge dieser geringen Wissensbestände.

Empfohlene Zieldimension:

Für Unterricht über Technik sind Wissensbestände wie Kenntnisse von Materialeigenschaften und technischen Verfahrensweisen, zur Handhabung von Werkzeugen und Maschinen, sowie über relevante Sicherheitsaspekte unabdingbare Voraussetzungen seitens der Fach- bzw. Lehrkraft. Die Erwachsenen sollten in allen Bereichen ein höheres Niveau erreichen als die Kinder.

Messung:

Messinstrumente hierzu liegen nicht vor und müssten entwickelt werden. Wünschenswert für die Erfassung wäre eine objektive Beurteilung des Wissens, was allerdings voraussichtlich auf Vorbehalte der Fach- und Lehrkräfte stoßen würde. Alternativ könnten die subjektiven Einschätzungen der Fach- und Lehrkräfte über ihr Wissen erhoben werden.

6.5 Technikbezogenes fachdidaktisches Wissen

Fachdidaktisches Wissen ist nach Shulmann (1987, S. 8) die Kombination (blending) von Fachwissen mit pädagogischem Wissen zur konkreten Gestaltung von Unterricht. Es ist daher unbestreitbar ein wesentlicher Teil des Professionswissens von Lehrkräften. Für den Mathematikunterricht (Kunter et al., 2011b) und einzelne Themen des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts (Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2012) konnte die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens für einen erfolgreichen Unterricht aufgezeigt werden.

Angesichts des geringen Anteils ausgebildeter Techniklehrkräfte in der Grundschule kann dieses fachdidaktische Wissen bei vielen Fach- und Lehrkräften gar nicht vorausgesetzt werden, da die fachwissenschaftliche Komponente fehlt bzw. durch Alltagswissen über Technik gebildet wird. Nur bei den wenigen Personen mit einer entsprechenden Ausbildung ist das Wissen über die Ziele Technischer Bildung, der Prinzipien des Technikunterrichts sowie seiner methodischen Umsetzung zu erwarten.

Anstelle eines entwickelten fachdidaktischen Wissens ist daher vom Vorhandensein eines allgemeinen pädagogischen Wissens auszugehen, welches mit Alltagswissen über Technik angereichert wird.

Auf der Basis eines eingeschränkten Technikwissens (vgl. voriges Kapitel) ist bei den meisten Fach- und Lehrkräften in Deutschland derzeit kein angemessenes didaktisches Wissen über die Ziele Technischer Bildung und über die Vorgehensweise bei der Planung von Unterricht über Technik zu erwarten. Bleher (2001) untersuchte das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehrern an Baden-Württembergischen Hauptschulen. Die Arbeit ist eine empirisch ausgerichtete Studie, mit einer Anreicherung durch eine spezielle Form des Interviews. Indirekt gibt sie auch Aufschluss über technisches und fachdidaktisches Wissen. Diese Studie untersucht das techniktypische Methodenrepertoire welches auch im Grundschulalter relevant ist.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für Technischen Unterricht empfehlen wir die Entwicklung eines tragfähigen didaktischen Grundwissens von:

- Wissen über Ziele technischer Bildung (Curricula, Bildungsziele, angestrebte Kompetenzen)
- Kenntnisse zu Prinzipien/Strategien des Lehrens und Lernen von Technik, Methodenrepertoire
- Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen

6.5.1 Wissen über Ziele technischer Bildung

Selbst Lehrkräfte in der Grundschule verfügen über wenig Wissen über die Ziele technischer Bildung (Curricula, Bildungsziele, angestrebte Kompetenzen). Sie haben während ihrer Ausbildung selten technische Inhalte studiert. Möller et al. (1996) fanden in ihrer Untersuchung, dass Frauen noch weniger Kontakt zu technischen Inhalten hatten als Männer. Ca. 85% der Frauen und 65% der Männer geben an, während ihres Studiums „gar nicht“ oder nur „geringfügig“ mit technischen Inhalten in Berührung

gekommen waren. Als Zieldimension wäre eine Erweiterung des Wissens über die Ziele technischer Bildung erstrebenswert.

6.5.2 Kenntnisse zu Lernstrategien und zum Methodenrepertoire

Auch die Kenntnisse der Lehrkräfte an Grundschulen über Methoden des Technikunterrichts können kaum vorhanden sein, da sie diese Themen bei ihrem Studium nicht belegt haben. Es ist zwar anzunehmen, dass sie Methoden von anderen Lehrkräften übernehmen oder möglicherweise sogar den Werkunterricht nachahmen, den sie als Kinder selbst erlebt hatten, aber Befunde darüber sind nicht bekannt. Die bereits erwähnte Studie von Bleher (2001) zeigt das geringe Methodenrepertoire von Lehrkräften in der Hauptschule, im Primarbereich ist keine bessere Befundlage zu erwarten. Angestrebt wird ein breites Methodenrepertoire, das sich nicht nur auf die Herstellung von technischen Objekten beschränkt, sondern auch die Handhabung und Bewertung von Technik umfasst. Die von der Technikdidaktik vorgeschlagenen Methoden dazu wären z.B. Montage und Demontage oder Produktanalyse (Warentest).

6.5.3 Fähigkeit zur Gestaltung effektiver Lernumgebungen

Um Lernumgebungen effektiv gestalten zu können, benötigen die Fach- und Lehrkräfte Auswahlkriterien für geeignete Zugangsthemen, Material- und Werkzeugkenntnisse sowie einen geeigneten Raum, in dem sie ihre Planungen umsetzen können. Sie sollen in der Lage sein, kindliche Denk- und Handlungsweisen zu verstehen und produktiv in ihren Unterricht einzubauen. Unerlässlich ist auch die Fähigkeit, Gefahrensituationen beim Umgang mit Werkzeugen und Maschinen vorausschauend bei ihrem Unterricht zu vermeiden.

Messung:

Die in der Studie von Bleher (2001) verwendeten selbstentwickelten Ratingskalen als Messinstrumente könnten zur Erfassung technikdidaktischer Methodenkompetenzen angepasst werden.

Mammes (2008) entwickelte ein Erhebungsinstrument, das auf Selbstratingverfahren basiert, in dem wesentliche Aspekte des Professionswissens in technischen Lernfeldern erfasst werden. Allerdings bezog sich die Studie auf das neueingeführte Fach Na-



tur und Technik im Gymnasium in Bayern. Neben den speziell auf dieses Fach zugeschnittenen Items enthält das Erhebungsinstrument auch eine Anzahl von Fragen, die auf die Situation der Fach- und Lehrkräfte im Primar- und Elementarbereich angepasst werden könnten.

Eine Anpassung des Erhebungsinstruments auf Primarstufenlehrkräfte erfolgte in einem geplanten Projekt, das Mammes zusammen mit dem VDI Ausschuss Technik in der Grundschule beim Bundesministerium für Bildung und Forschung einreichte. Erste Items sind in Mammes, Schaper und Strobel (2012) veröffentlicht. Das Projekt geht erst in die Antragstellung und orientiert sich am Knowledge-Ansatz (Shulmann, 1987).

6.6 Technikbezogene Einstellungen und Überzeugungen sowie professionelle Haltung und Rollenverständnis

Nach Anders et al. (2013a, b) beeinflusst die professionelle Haltung jegliches professionelle Handeln. Sie umfasst handlungsleitende Orientierungen, Werthaltungen und Einstellungen. Anders et al. konzentrieren sich auf Aspekte, die im naturwissenschaftlichen Bereich von Bedeutung sein könnten. Diese könnten auf die Domäne Technik in gleichem Maße Einfluss haben.

6.6.1 Überzeugungen zur Bedeutung technischer Bildung in Kita, Hort und Grundschule

Möller, Tenberge und Ziemann (1996) konnten bei einer Befragung von ca. 1.000 Lehrkräften in Nordrhein-Westfalen feststellen, dass technische Themen im Grundschulunterricht durchaus für wichtig erachtet werden. Als Grund, weshalb solche Themen selten unterrichtet werden, wird angegeben, dass die Lehrkräfte sich im Fachgebiet unsicher fühlen, weil sie sich selbst als wenig kompetent einschätzen. Dies dürfte auch in anderen Bundesländern zutreffen, zumindest in jenen, in denen es kein Grundschulfach Technik gibt. Vergleichende Untersuchungen wurden aber bisher nicht durchgeführt.

Auch Stein, McRobbie und Ginns (1998) vermuten, dass junge Lehrpersonen technische Inhalte wegen ihrer naiven Konzepte über Technik und Technische Bildung sowie in einer ungenügenden Ausbildung während ihres Studiums selten unterrichten, obwohl sie die Bedeutung der Themen hoch einschätzen.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension im Bereich Überzeugungen empfehlen wir ein entwickeltes Ver-

ständnis über die Bedeutung technische Inhalte in der Kindheit. Technik soll als wichtig für Kinder erkannt werden, weil die Kinder mit Alltagstechnik kompetent umgehen müssen (z.B. verstehen, wie Technik funktioniert, wie man sie verwendet und welche Vorteile sie hat, aber auch, welche Gefahren davon ausgehen können). Auch wenn die Pädagoginnen und Pädagogen selbst weniger interessiert an Technik und der Herstellung von Objekten sind, sollten sie erkennen, dass viele Kinder solche Interessen haben und sich auch die Leistungsselbsteinschätzung der Kinder durch Herstellung technischer Objekte fördern lässt. Fach- und Lehrkräften sollte bewusst sein, dass die Beschäftigung mit technischen Tätigkeiten und Berufen Kinder auf ihr späteres Privat- und Berufsleben vorbereitet.

Messung:

Es liegt ein Fragebogen vor, den Möller (1996) in ihrer Pilotstudie in Nordrhein-Westfalen entwickelt hat. Die Items erfassen unter anderem auch, welche Inhalte die Lehrkräfte an Grundschulen für wichtig halten. Der Fragebogen und die Auswertungsmethode sind ausgezeichnet in der Veröffentlichung (Möller et al., 1996; 1997) dokumentiert. Die Überarbeitung und Anpassung an heutige Verhältnisse scheint als Erhebungsmethode angemessen zu sein.

6.6.2 Professionelles Selbstverständnis

Anders et al. (2013a) schlagen verschiedene Facetten des Rollen- und Selbstverständnisses der Fach- und Lehrkräfte vor:

- Reflexionsfähigkeit,
- Offenheit,
- forschende Haltung,
- Entwicklung der Professionalität/ Fortbildungsbereitschaft und
- Kooperationsfähigkeit.

Diese Dimensionen beschreiben im Kern Persönlichkeitsfaktoren, die sowohl im naturwissenschaftlichen als auch im technischen Bereich eine Rolle spielen. Die Expertise von Anders et al. (2013b) empfiehlt, die Aspekte Reflexionsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit sowie der Wille zur Entwicklung der eigenen Professionalität zu erheben. Diese Aspekte der Professionalität sind wahrscheinlich auch im Technikbereich bedeutungsvoll.

Empfohlene Zieldimension:

Als Zieldimension für das professionelle Rollenverständnis im Bereich Technischer Bildung empfehlen wir die oben genannten Aspekte der Professionalität.

Messung:

Mögliche Messinstrumente sind in der Expertise zum naturwissenschaftlichen Bereich aufgeführt (vgl. Anders et al., 2013b). Diese Instrumente sind in der Regel unabhängig vom Unterrichtsinhalt und müssen daher wohl nur punktuell für den technischen Bereich angepasst werden.

7. Fazit und Empfehlungen

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ weitet derzeit ihr Tätigkeitsfeld auf technische Inhalte und eine größere Altersspanne aus. Sinn dieser Expertise ist es, der Stiftung hierbei Fakten und Erkenntnisse zu liefern, die dazu dienen sollen, diese Erweiterung des Tätigkeitsfeldes am Stand der technikdidaktischen Forschung zu orientieren. Dadurch sollen Fehlwege vermieden und ein möglichst optimaler Zugewinn an Wissen, Können und Einstellungen der Kinder im technischen Bereich erreicht werden.

Die Stiftung wirkt dabei vornehmlich im außerschulischen Bereich und bietet ein kontinuierliches Weiterbildungsangebot für pädagogische Fach- und Lehrkräfte an. Diese haben eher selten ein wissenschaftliches und/oder didaktisches Studium im technischen Bereich durchlaufen. Unumgänglich ist daher eine Konzentration auf diejenigen Inhalte und Methoden, die das Typische der Erschließung von Technik hervorheben. Die Kernaspekte müssen hervorgehoben werden, auch wenn wünschenswerte andere Aspekte zurücktreten müssen.

7.1 Priorisierung der Ziele von Technikunterricht

Im hier vorgeschlagenen Rahmenmodell für die Technische Bildung (siehe Kap. 2.2) sind bereits die unverzichtbaren Aspekte aufgeführt, die für Unterricht über Technik konstituierend sind. Ein Vergleich mit der ausgewerteten internationalen Literatur hat gezeigt, dass diese Aspekte auch in anderen Ländern als Kernbestandteil der Curricula bzw. curricularer Empfehlungen gelten können.

Die wichtigsten Ziele für den Unterricht über Technik sind daher:

- Die Kenntnis von Material und Werkzeug sowie der Anfänge des handwerklichen Umgangs damit, der bei der Fertigung eines konkreten Artefakts erfahren wird.
- Die Erkenntnis, dass technische Objekte Probleme lösen und Bedürfnisse befriedigen und dass es meist mehrere Möglichkeiten gibt, die technische Problemstellung zu lösen.
- Die Nutzung technischer Objekte und damit einhergehend die Erfahrung, dass sie sich in Funktion, Handhabung, Leistung, Wartung, Sicherheit, Kosten, Umweltauswirkungen usw. unterscheiden.

- Die Erfahrung, dass Artefakte unterschiedlich bewertet werden können, sowohl auf der individuellen als auch auf der kulturellen Ebene.

Alle diese Aspekte sollten zwei Pole verbinden: die subjektive (z.B. wie wichtig ist ein bestimmtes Objekt) und die objektive Seite (z.B. wie gut erfüllt es die Anforderungskriterien). Artefakte müssen beides erfüllen: objektiven Kriterien standhalten sowie der Subjektivität der gestaltenden Kinder Ausdruck verleihen.

Ebenfalls wünschenswert für das Primarstufenalter sind:

- Die Ausbildung eines Verständnisses der Soziotechnik, also des Zusammenwirkens von Artefakten und Gesellschaft. Dies kann an einzelnen Punkten bereits sichtbar werden, z.B. durch den Vergleich von Artefakten aus historischen Zeiten mit heutigen Artefakten oder durch den Vergleich von Artefakten anderer Kulturen mit denjenigen unserer Kultur in vergleichbaren Problem- und Bedürfnislagen.
- Der Systemcharakter von Technik, der dadurch zu Tage tritt, dass ein einzelnes Artefakt oft gar nicht seinen Zweck erfüllen kann, wenn es nicht in ein System anderer Artefakte eingebunden wäre, die insgesamt unsere technisch geprägte Zivilisation ausmachen.
- Die Arbeitswelt in gewerblich technischen Berufen kennenzulernen mit ihren Anforderungen und Möglichkeiten, persönliche Interessen und Fähigkeiten einzubringen, um einen erfüllenden Beruf auszuüben.
- Steuerungsmöglichkeiten der Weiterentwicklung der technischen Kultur durch Partizipation an Entscheidungsprozessen, berufliche Tätigkeit, Konsumverhalten, Engagement in Parteien, Nichtregierungsorganisationen (NGOs³⁴) oder Interessenverbänden.

7.2 Der Design Process als wesentliche didaktische Vorgehensweise

Die internationale didaktische Diskussion ist sehr umfangreich und heterogen. Dennoch können bereits auf den ersten Blick Kompetenzfelder erkannt werden, die praktisch überall vorkommen. Es darf dabei nicht verkannt werden, dass Curricula keine eindeutige Umsetzung fachdidaktischer Vorschläge darstellen. Dennoch erscheint es sinnvoll, aus Curricula und Vorschlägen fachdidaktischer Vereinigungen wie der DGTB, der GDSU und international der ITEEA einen Textkorpus zu erstellen und daraus induktiv Kompetenzbeschreibungen zu extrahieren.

³⁴ NGO = non-governmental organization

Im Mittelpunkt vieler internationaler Curricula und Fachpapiere steht ein Verfahren, das hier in Anlehnung an den internationalen Sprachgebrauch mit **Design Process** benannt werden soll (vgl. Kapitel 4.3). Dieser Prozess umfasst weitgehend das, was *Konstruieren* im deutschen Sprachgebrauch bedeutet, geht in manchen Aspekten jedoch darüber hinaus, und zwar in Richtung eines allgemeinen Problemlöseprozesses, der ähnlich wie das Experimentieren in den Naturwissenschaften Kernpunkt technischen Unterrichts sein könnte.

Auch wenn betont werden muss, dass dies weder der einzige noch der „beste“ Weg ist, Technik zu unterrichten, nimmt der Design Process als didaktische Vorgehensweise eine Sonderstellung ein, weil er Konsens in allen untersuchten Ländern ist. Zudem integriert der Design Process mehrere weitere typische Vorgehensweisen in der Technik wie das Experimentieren, Fertigen sowie das Beurteilen- und Bewerten von technischen Objekten.

Dieser Design Process wird in vielfältiger Form aber im Kern immer gleich grafisch dargestellt. Die Grafik (siehe Abbildung 2) ist der Homepage der NASA entnommen.

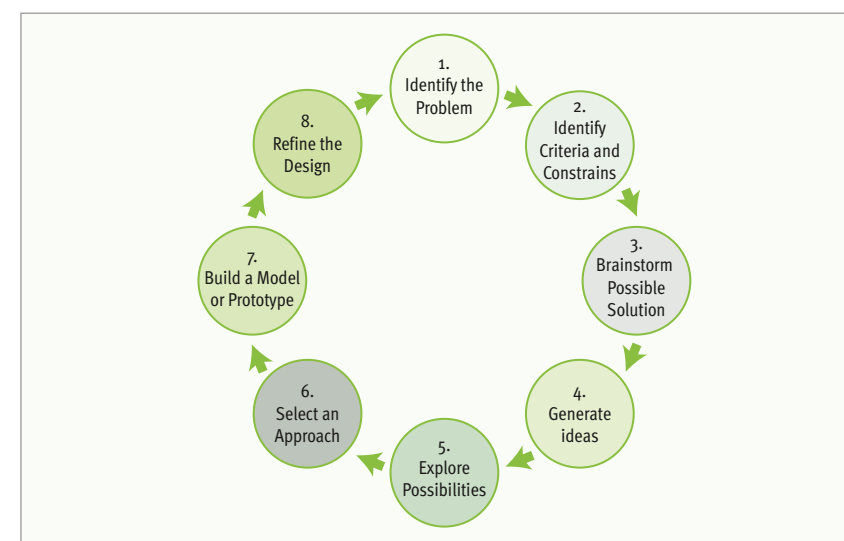


Abbildung 2. Design Process (in Anlehnung an NASA, 2012)

Die Verfasser der Expertise empfehlen der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, an mehreren Modelleinrichtungen Lehrinhalten nach dem Modell des Design Process durchzuführen und forschend zu begleiten. Hierzu müssen noch geeignete Erhebungs-

instrumente entwickelt werden (vgl. Kap. 5 und 6). Diese Lehreinheiten sollen sowohl Elemente von Konstruktionsaufgaben als auch von Fertigungsaufgaben enthalten, um den Design Process möglichst umfassend abzubilden. In Anhang 2 sind verschiedene Konkretisierungsbeispiele zum Design Process dargestellt.

7.3 Priorisierung der Zieldimensionen auf Ebene der Kinder

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ kann nicht die Rolle von Schulen und Hochschulen übernehmen oder ersetzen. Sie kann ergänzende Weiterbildungsangebote bieten, es ist jedoch nicht ihre Aufgabe, systematischen Unterricht anzubieten oder die Ausbildung der Fach- und Lehrkräfte zu leisten. Diese Expertise soll dazu beitragen, dass die Weiterbildungsangebote der Stiftung für Fach- und Lehrkräfte nicht zufällig ausgewählt werden, sondern wesentliche Aspekte des Unterrichts über Technik repräsentieren. Es werden daher aus den Zieldimensionen für Kinder und für Erwachsene diejenigen ausgewählt, die einerseits wichtige Elemente der technikdidaktischen Diskussion aufgreifen und andererseits im Rahmen der Möglichkeiten der Stiftung umsetzbar erscheinen.

Daher müssen die Zieldimensionen der Stiftung mit den in der Fachdidaktik erarbeiteten Zielperspektiven abgestimmt werden und muss die „Schnittmenge“ unter Berücksichtigung der situativen Bedingungen auf Machbarkeit geprüft werden.

Die Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ entspricht dabei der Perspektive des technischen Handelns des Mehrperspektivischen Technikunterrichts. Die Zieldimension „Kreativität“ hat nicht den Status einer Perspektive im Mehrperspektivischen Technikunterricht, sondern ist nur ein Einzelaspekt, allerdings ein Aspekt mit besonderer Bedeutung.

Die Zieldimension „Technisches Wissen“ entspricht der Perspektive der Kenntnisse und Strukturzusammenhänge des Mehrperspektivischen Technikunterrichts.

Die Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ entspricht der Perspektive der Bedeutung und Bewertung technischer Sachverhalte des Mehrperspektivischen Technikunterrichts. Die Perspektive der vorberuflichen Orientierung ist nicht ausdrücklich als Zieldimension formuliert, jedoch in einzelnen Aspekten punktuell repräsentiert.

Die empfohlenen Zieldimensionen für Kinder zeigen sich hiermit als weitgehend verträglich mit den Perspektiven des Mehrperspektivischen Technikunterrichts, wenn gleich sie aus einer ganz anderen Interessenhaltung heraus entstanden sind. Zieldimensionen sollen zwar auch die Richtung von Lernprozessen angeben, dienen aber vor allem der Überprüfung des Stands und des Fortschritts der Lernenden.

7.3.1 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten

Diese Zieldimension hat zwei techniktypische Komponenten: Techniktypische Denk- und Handlungsweisen sowie die Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte. Wir empfehlen eine Orientierung am *Design Process*, weil er beide Komponenten umfasst. Insbesondere die Ideengenerierung, technisches Experimentieren, Fertigen sowie grafisches und verbales Kommunizieren geben Auskunft über diesen Aspekt der technischen Bildung.

Das Abwägen zwischen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten und das Bewerten der Artefakte unter Berücksichtigung der Anforderungen an Funktionstüchtigkeit und weitere Kriterien sind unverzichtbare Kompetenzen in der technischen Bildung.

Messung:

Mithilfe von noch zu entwickelnden Messinstrumenten soll erhoben werden, welche Ideen die Kinder bei einer bestimmten Problemstellung hervorbringen, wie diese kategorisiert und ggf. gewertet werden können.

Das Vorgehen der Kinder soll systematisch erfasst und dokumentiert werden, um Aufschluss über Handlungsstrategien der Kinder zu erhalten.

Die bei der Arbeit beobachtbaren Kommunikationsstrategien sollen erfasst werden, um ihre Auswirkung auf den Verlauf des Problemlösungsprozesses transparent zu machen.

7.3.2 Technisches Wissen

Die Zieldimension „Technisches Wissen“ hat vier Komponenten: (Meta-)Verständnis von Technik, Wissen über Materialeigenschaften, Wissen über Werkzeuge und Geräte und das Wissen über technische Mechanismen.

Hier erscheint uns wichtig, dass Technik in der Lebenswirklichkeit der Kinder erkannt wird und die Wahrnehmung von Technik nicht vornehmlich auf wenige Objekte der Sachtechnik wie z.B. elektronische Kommunikationsmittel beschränkt ist.

Weiterhin erscheint uns wichtig, dass die Kinder über die Eigenschaften von Materialien aus ihrem Erfahrungsbereich Bescheid wissen, damit sie in der Lage sind, diese gezielt bei der Herstellung von Objekten zu nutzen. Kenntnisse über den Einsatz von Werkzeugen und technischen Verbindungsmitteln wie Schrauben, Nägel, Klebstoff usw. sollten im dazu notwendigen Maß erworben werden können. Die Kenntnis von Wirkmechanismen soll erweitert werden, weil sie eine Erweiterung der möglichen Objekte zur Lösung eines Problems zur Folge haben.

Messung:

Zum (Meta-)Wissen über Technik liegen einige Erhebungsinstrumente vor, z.B. die UPDATE Studie (Endepohls-Ulpe et al., 2008; Ruffer & Schwarze, 2011) und die Shell-Studie (Hurrelmann, 2006) die teilweise aber noch angepasst werden müssen.

Die Kenntnisse von Materialeigenschaften, über die Handhabung von Werkzeugen und Verbindungsmitteln sowie technischer Mechanismen können in direkter Befragung, aber auch indirekt über den Einsatz bei der Herstellung eines Objekts ermittelt werden. Hierzu können sowohl die Zeichnungen ggf. mit den Erläuterungen der Kinder als auch die gefertigten Objekte analysiert werden. Entsprechende Messinstrumente liegen allerdings noch nicht vor außer dem MTVT und dem PVT (Lienert, 1958, 1964), die aber überarbeitet werden müssen.

7.3.3 Technische Kreativität

Die Zieldimension „Technische Kreativität“ zielt nicht auf ein psychologisches Konstrukt, sondern auf produkt- und personenbezogene Variablen wie Ausdauer, Einfallsreichtum usw., die als Indikatoren für einen kreativen Prozess gelten können.

Messung:

Zur Kreativität liegen Messinstrumente vor, welche vornehmlich das kreative Potenzial der Personen (z.B. als Begabungsfaktor) untersuchen. Für technische Kreativität, die auch das Produkt und seinen Entstehungszusammenhang berücksichtigt, muss ein Instrument erst noch entwickelt werden.

7.3.4 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Die Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ erfasst, ob sich eine Person überhaupt mit technischen Fragestellungen auseinandersetzen will. Dazu ist vor allem die individuelle Einschätzung von Bedeutung, ob es wichtig ist, sich mit Technik zu befassen und ob angesichts des eigenen Selbstwirksamkeitskonzepts die erwarteten Handlungsfolgen positiv sein werden.

Angestrebt wird, dass technische Fragestellungen nicht nur für die Allgemeinheit, sondern auch individuell als wichtig angesehen werden. Ein sachliches und realistisches Verhältnis zur Technik wird angestrebt. Kinder sollen erkennen, dass sie fähig sind, Technik mit zu gestalten und lernen ihren Gestaltungsspielraum einzuschätzen. Die Selbstwirksamkeitseinschätzung soll auf objektiven Fakten beruhen und weitgehend frei von unreflektierten Rollenvorstellungen sein.

Messung:

Zur Bedeutsamkeit der Technik gibt es einige Untersuchungen (PATT Studie; de Klerk Wolters, 1989, Baumert et al. 1998; Rheinberg et al., 2001) oder die Bedeutsamkeit wurde in Studien zusammen mit anderen Fragestellungen erhoben. Auch für das Interesse an Technik und die Selbstwirksamkeitserwartung – oft im Zusammenhang mit geschlechtstypischen Unterschieden, gibt es mehrere Untersuchungen, die Messinstrumente entwickelt haben (Endepohl-Ulpe, 2008; Virtanen, Ikonen & Rasinen, 2011). Diese Messinstrumente könnten mit kleineren Anpassungen übernommen werden.

7.4 Priorisierung der Zieldimensionen auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

7.4.1 Technisches und fachdidaktisches Wissen

Das technische und fachdidaktische Wissen der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte erscheint uns als zentrale Zieldimension im inhaltlichen Bereich. Hier müsste in Weiterbildungsangeboten wie auch bei einer etwaigen Wirkungsstudie die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Die Untersuchungen von Möller et al. (1996 und 1997) und Mammes (2008), mit einigen Einschränkungen auch die von Bleher (2001), enthalten Messinstrumente, die direkt auf die Auseinandersetzung mit Technik abzielen. Es wird empfohlen, diese Instrumente zu sichten und ein darauf aufbauendes Instrumentarium zu entwickeln, das folgende Größen erfasst:

Technikverständnis:

- Objekte, mit denen Technik identifiziert wird,
- Bedeutung der Technik im Alltag und für die Gesellschaft,
- Möglichkeiten der Mitgestaltung von Technik

Technisches Wissen:

- grundlegende Verfahren der Technik,
- Materialeigenschaften,
- grundlegende technische Wirkungsmechanismen,
- Sicherheitsaspekte

Kenntnis und Einschätzung technischer Berufe:

- Berufe, die mit Technik identifiziert werden,
- Bewertung technischer Berufe (Prestige, Bedeutung, Arbeitsbelastung ...)

Zur Erfassung bieten sich Fragebögen an, die ggf. mithilfe von Interviews von ausgewählten Personen vertieft werden könnten.

7.4.2 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Im Persönlichkeitsbereich ist die geringe Ausprägung der eigenen Kompetenzeinschätzung und Selbstwirksamkeitserwartung pädagogischer Fach- und Lehrkräfte im Bereich Technik auffällig (z.B. Möller et al., 1997; Stein et al., 1998; Mammes, 2006;

2008). Andererseits geben die Studien Anlass zur Vermutung, dass geeignete Fortbildungen die eigene Selbstwirksamkeitserwartung verbessern. Daher halten wir eine Erhöhung des Selbstwirksamkeitsempfindens für ebenso wichtig wie den Bereich des Wissens im Inhaltsbereich.

Es wäre daher empfehlenswert, die eigene Kompetenzeinschätzung und das Selbstwirksamkeitsempfinden der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte in der Ausprägung und in ihrer Veränderung im Verlauf der Tätigkeit (Fortbildung und anschließende Betreuung von Kindergruppen) zu messen.



Entsprechende Instrumente können aus den Untersuchungen von Möller et al. (1997) und Mammes (2008) wahrscheinlich mit geringer Anpassung übernommen werden.

7.5 Empfehlungen für Forschungs- und Entwicklungsstudien in der technischen Bildung

Ziel der weiteren Forschung der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ sollte es sein, die geplanten Bildungsangebote im Bereich Technik auf der Basis von empirischen Fakten zu organisieren. Welche Inhalte, Medien und Methoden erscheinen im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen geeignet, die Technische Bildung zu verbessern? Kann diese Verbesserung anhand von Veränderungen der Zieldimensionen aufgezeigt werden? Dabei ergibt sich ein Dilemma: Die Messinstrumente müssen teilweise erst noch entwickelt werden, aber die von ihnen gemessenen Werte sollen die Entscheidung begründen, welches Vorgehen zu wählen ist. Als Ausweg aus diesem Dilemma bietet sich an, zunächst auf der Grundlage von didaktischen Überlegungen Vorentscheidungen zu treffen und auf der Grundlage dieser Entscheidungen konkrete Forschungen zur Plausibilität der Instrumente und zu geeigneten Bildungsansätzen zu beginnen.

Wir schlagen zwei Forschungslinien vor, die in sich plausibel zu sein scheinen und es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass sie umsetzbar sind und zu brauchbaren Ergebnissen führen:

- a) Forschungsfeld zur Bedeutung von technischem Material und Medien für die Ausprägung der Zieldimensionen technischer Bildung.
- b) Forschungsfeld zur Bedeutung technikdidaktischer Methoden für die Ausprägung der Zieldimensionen technischer Bildung.

Zu a)

Bei dieser Forschungslinie könnte eine Intervention mit derselben Methode bei mehreren Gruppen erfolgen. Die Gruppen unterscheiden sich in der zur Verfügung gestellten technischen Mediensystem, welches durch das vorgegebene Material gebildet wird.

Als Methode empfehlen wir den Design Process zur Bewältigung einer möglichst kindgemäßen, geschlechtsneutralen Problemsituation. Als Materialvarianten bieten sich verbreitete Mediensysteme wie z.B. LEGO, Fischertechnik, Universelles Mediensystem für den Technikunterricht (UMT) oder auch ausgewähltes Baumarktmaterial an.

In dieser Studie sollten die Ausprägungen der Variablen erhoben werden, welche die auf Ebene der Kinder priorisierten Zieldimensionen „Motivationale und emotionale Aspekte“, „Denk- und Handlungsweisen“ sowie „Technische Kreativität“ beschreiben. Kontrollvariablen sollen die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Ausprägungen er-

möglichen, so dass die verbleibenden Unterschiede als Indikatoren für die Auswirkung der Materialsysteme interpretiert werden können. Die Ergebnisse sollen mit den wenigen zur Verfügung stehenden Untersuchungen in der didaktischen Literatur verglichen und auf Plausibilität geprüft werden.

Im Fokus dieser Untersuchung steht die Frage nach der Ausprägung von Motivationsvariablen sowie der Untersuchung von Denk- und Handlungsweisen der Kinder bei der Lösung technischer Probleme. Einen besonderen Schwerpunkt sollten produkt- und personenbezogene Aspekte der Kreativität bilden. Ein weiteres Ziel dieser Untersuchung soll eine Erprobung der Messinstrumente sein. Veränderungen der Zieldimensionen durch Unterricht können erst nach Bewährung der Instrumente untersucht werden.

Zu b)

Bei dieser Forschungslinie sollte eine Intervention in mehreren Gruppen mit unterschiedlichen technikdidaktischen Methoden unter Konstanthaltung des technischen Materials/Mediensystems (z.B. Universelles Mediensystem für den Technikunterricht, UMT) erfolgen. Als technikdidaktische Methoden bieten sich die Fertigungsmethode, das Technische Experiment und eine Konstruktionsaufgabe an. Die zu erhebenden Variablen der Zieldimensionen sollten dieselben wie bei dem zuvor beschriebenen Forschungsfeld sein, soweit sie durch die Methode betroffen sein könnten (so ist z.B. Kreativität bei der Fertigungsmethode nicht sinnvoll zu interpretieren). Die zu erwartenden Unterschiede können daraufhin untersucht werden, inwieweit sie auf die Methode zurückzuführen sind. Das Design geht der Frage nach, welche Ausprägung von Motivationsvariablen und welche Unterschiede bei den Denk- und Handlungsweisen der Kinder bei der Arbeit mit den Methoden Fertigen, Konstruieren und Experimentieren feststellbar sind. Auch diese Studie dient einer Erprobung der Messinstrumente. Die Ergebnisse dieser Studie sollen mit den Ergebnissen der ersten Studie und den didaktischen Veröffentlichungen verglichen und auf Plausibilität überprüft werden.



Technikdidaktische Medien – Einfluss verschiedener technikdidaktischer Medien auf die kindliche Motivation, problemlösendes Denken und technische Kreativität

Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller

1. Theoretischer Hintergrund
2. Fragestellungen und Hypothesen
3. Design der Studie
4. Beschreibung der Messinstrumente
5. Statistische Auswertung
6. Ergebnisse
7. Diskussion

Technikdidaktische Medien – Einfluss verschiedener technikdidaktischer Medien auf die kindliche Motivation, problemlösendes Denken und technische Kreativität

Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller

1. Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Hintergrund dieser Studie basiert auf der Expertise von Kosack, Jeretin-Kopf und Wiesmüller „Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ (2015, in diesem Band). Darin werden die Zieldimensionen technische Bildung auf Ebene der Kinder beschrieben, auf welchen eine Entwicklung als Folge des Lernprozesses angestrebt wird. Die Zieldimensionen, welche im Fokus dieser Studie stehen, umfassen motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik, technische Denk- und Handlungsweisen, technische Kreativität, technisches Wissen sowie moderierende Basiskompetenzen.

Der Studie liegt die Annahme zugrunde, dass verschiedene Faktoren die Lernprozesse in der frühen technischen Bildung beeinflussen und sich somit auf die Entwicklung der Zielbereiche auswirken können. Im Rahmen dieser Studie richtet sich das Interesse insbesondere auf die Wirkung verschiedener technikdidaktischer Medien, d. h. technischer Materialsysteme, welche den Kindern zum Lösen technischer Probleme zur Verfügung stehen.

Da sich auch das Alter³⁵ und Geschlecht auf die Ausprägung der beobachteten Merkmale auswirken können, werden diese ebenfalls untersucht. Im Folgenden werden die hier untersuchten Output-Variablen beschrieben, welche den von Kosack et al. empfohlenen Zieldimensionen zuzuordnen sind³⁶.

³⁵ Das Alter wird nicht als Erklärungskonzept für die kognitive Reifung betrachtet, sondern als Stellvertretervariable für zahlreiche Reifungsprozesse, welche in der Regel in einem bestimmten Altersabschnitt ihre Ausprägung erlangen (vgl. Bullock und Ziegler (1997, S. 34); Dreher (2001, S. 115)).

³⁶ Die Expertise von Kosack et al. beschreibt den Stand der didaktischen Forschung im Hinblick auf die Zieldimensionen technischer Bildung.

1.1 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Zahlreiche Studien geben Grund zur Annahme, dass Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit einen Einfluss auf die Lernprozesse haben können und durch diesen beeinflusst werden. Die Zuversicht, selbst etwas zu bewirken,³⁷ scheint ein Faktor zu sein, der zur erfolgreichen Bewältigung einer Aufgabe beiträgt (vgl. Bandura, 1997, S. 36 ff). Bandura geht davon aus, dass sich die Einschätzung der eigenen Selbstwirksamkeit zwar als langfristig stabil erweist, aber dennoch Veränderungen unterworfen ist (vgl. Bandura, 1997, S. 45). Schwarzer und Jerusalem gehen davon aus, dass positive Erwartungshaltungen einer negativen Einschätzung bei der Bewältigung der Situationen mit hohen Anforderungen entgegenwirken (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 29). Außerdem könnten positive Erwartungshaltungen problemorientierte Bewältigungsstrategien unterstützen (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 29). Dass bereits Kinder ab dem dritten Lebensjahr in der Lage sind, realistisch die Erfolgserwartung für Aufgaben mit gestuften Schwierigkeitsgraden einzuschätzen, scheinen die Untersuchungen von Schneider, Hanne und Lehmann zu bestätigen (Schneider, Hanne & Lehmann, 1989, S. 160). Helmke untersuchte die Entwicklung des Selbstbildes vom Kindergarten bis zur dritten Klasse und stellte fest, dass diese Entwicklung bei Mädchen und Jungen Unterschiede im Hinblick auf Niveau und Stabilität des Selbstkonzepts aufweist (vgl. Helmke, 1991, S. 94). Außerdem unterscheidet sich das Selbstkonzept der Jungen und Mädchen im Grad der Übereinstimmung zwischen der eigenen Wahrnehmung und der Wirklichkeit (vgl. Helmke, 1991, S. 94). Die Ergebnisse der Studie von Helmke scheinen der Annahme zu widersprechen, dass das Fähigkeitsbild nach Beginn der dritten Klassenstufe abfallen würde (vgl. Helmke, 1991, S. 96). Allerdings stellt Helmke Veränderungen fest, die auf eine Zunahme der Stabilität und Genauigkeit der Selbsteinschätzung hindeuten (vgl. Helmke, 1991, S. 96). Die Zuversicht in die eigenen Fähigkeiten wird als domänenspezifisch angesehen. Dennoch weisen Scholz, Döna und Schwarzer darauf hin, dass die Annahme einer universellen Zuversicht, welche dem Individuum hilft, neue herausfordernde Aufgaben zu meistern, in der Forschung durchaus diskutiert wird (Scholz, Döna, Sud & Schwarzer, 2002, S. 243). Die Ergebnisse der Studie, die in 25 Ländern durchgeführt wurde, scheinen zu bestätigen, dass Selbstwirksamkeit (self-efficacy) ein unidimensionales und universales Konstrukt ist (vgl. Scholz et al., 2002, S. 249).

³⁷ Der Begriff *self-efficacy* wird auch als *Selbstwirksamkeit* übersetzt (vgl. Satow (1999); Schwarzer und Jerusalem (2002)).

Einstellungen gegenüber technischen Objekten und technischen Tätigkeiten gehören zu technikrelevanten Einstellungen. Sie sind eng verbunden mit den Wertungen im Hinblick auf die Nützlichkeit, Brauchbarkeit und Wertschätzung technischer Objekte und die Kenntnisse über deren Handhabung. Zu Wertungen und Einstellungen gegenüber Technik und deren Handhabung sind keine Forschungsergebnisse bekannt, welche für diese Altersgruppe relevant wären. Etwas besser stellt sich die Forschungslage im Hinblick auf das Interesse für Technik dar. Ziefle und Jakobs untersuchten Ergebnisse mehrerer Studien und stellen zusammenfassend fest, dass sich das Interesse für Technik bei Kindern und Jugendlichen eher auf Kommunikationstechnik beschränkt, während technische Funktionsprinzipien nicht das Interesse der Kinder wecken (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 17). Ziefle und Jakobs stellen auch fest, dass sich negative Einstellungen gegenüber Technik, Selbstkonzept und geringe Erfolgserwartung negativ auf das Technikinteresse auswirken (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 17). Verschiedene Studien belegen, dass das Interesse für technische Tätigkeiten und Berufe mit technischem Bezug sehr genderabhängig zu sein scheint. Mädchen hätten eine deutlich negativere Einstellung gegenüber Technik als die Jungen, was sich in einer geringeren technikbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugung, geringerem Interesse und einer höheren Angst im Umgang mit Technik zeige (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 188). Außerdem beurteilen die Mädchen ihr Technikverständnis schlechter als die Jungen (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 120). Ziefle und Jakobs vermuten, dass eine Förderung, welche in der Stärkung des Selbstbewusstseins und Selbstvertrauens im Umgang mit Technik besteht, zur Leistungsmotivation und zu positiven Einstellungen gegenüber Technik führen könnten (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 125).

Für die Entwicklung der Lernmotivation und Interessen ist jedoch die Selbstwirksamkeitserwartung keine hinreichende Bedingung (vgl. Krapp & Ryan, 2002, S. 57).

Krapp und Ryan vertreten die Ansicht, dass neben der kognitiven Einschätzung der eigenen Handlung und den vermuteten Konsequenzen noch weitere Faktoren eine Rolle spielen (vgl. Krapp & Ryan, 2002, S. 57). So kann die Qualität der sozialen Beziehungen und das während des Handlungsablaufs erlebte emotionale Befinden durchaus zu den Faktoren zählen, die sich auf die Motivation und das Interesse auswirken (vgl. Krapp & Ryan, 2002, S. 57). Dies sind allerdings Faktoren, welche in der aktuellen Situation, d. h. kurzfristig beeinflussbar sind. Es wäre denkbar, dass das emotionale Erleben während des Handlungsablaufs durchaus gender- und alterstypische Aspekte aufweist und durch situative Merkmale wie Gegenstandsbezogenheit und Art der Handlungsaktivitäten beeinflussbar ist. Darüber hinaus können sich aber auch die Erfahrung und die erworbenen Kenntnisse auf die aktuelle Motivation auswirken. Souveränität bei

der Bewältigung der Probleme könnte sich mindernd auf die Misserfolgsbefürchtung auswirken und die eigene Einschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit erhöhen.

1.2 Technische Denk- und Handlungsweisen

Technische Denk- und Handlungsweisen sind einer der drei Aspekte der Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“. Als technische Denk- und Handlungsweisen werden folgende Operationen angesehen:

- a. Technische Probleme erkennen
- b. Lösungsideen entwickeln
- c. Ideen kommunizieren
- d. Ideen grafisch darstellen/Skizzen zeichnen
- e. grafische Darstellungen verstehen/Skizzen lesen
- f. Materialeigenschaften erkunden
- g. geeignete Materialien auswählen
- h. Fertigungsabläufe planen
- i. Fertigungsabläufe durchführen
- j. Fertigungsabläufe überprüfen
- k. technische Verfahren zielgerichtet anwenden

Eine Vielzahl von diesen Operatoren kommt während des *Design Process* zum Einsatz. In der Expertise von Kosack et al. (2015, vgl. Kapitel 4.3) wurde der *Design Process* in seiner Grobform beschrieben: Es umfasst die Schritte vom Erkennen des Bedürfnisses und der Suche nach Ideen über das Abwägen der Ideen bis zu ihrer Umsetzung, d. h. die Fertigung der Objekte sowie ihre Überprüfung und Bewertung. Im *Design Process* werden sowohl Aspekte des kreativ-erfinderischen Arbeitens als auch Aspekte des regelgebunden-materialsystematischen Vorgehens sichtbar. Im Folgenden werden die Teilschritte des *Design Process* näher beschrieben, welche in der vorliegenden Studie besondere Beachtung finden und der Datenerhebung dienen.

1.2.1 Planung der Entwürfe

Im Prozess des „Erfindens“, Konstruierens und Planens bedient sich der Mensch häufig ikonischer Darstellungsformen, um dem in seinem Geist vorhandenen Gebilde eine sichtbare Gestalt zu geben. Diese Zeichnungen haben verschiedene Funktionen und können den Prozess des „Erfindens“ entscheidend beeinflussen. Im Technikunterricht dienen die Zeichnungen als Information über eine Welt, die es zu verstehen gilt, als Denkhilfe, als Hilfsmittel bei der Planung von Gegenständen, als Mittel zur Verständ-

igung usw. (vgl. Sachs, 1985, S. 37). Zwar beziehen sich die Ausführungen von Sachs auf den Technikunterricht der Sekundarstufe I, dennoch sind einige der Gedanken auf die Grundschule übertragbar. So sollten verschiedene Darstellungsweisen berücksichtigt (Skizze, Grafik, Grundriss etc.) und eine Formalisierung des Zeichenprozesses wie auch der Ausdrucksweise vermieden werden (vgl. Sachs, 1985, S. 37). Außerdem sollte die technische Zeichnung „in erster Linie dem Verstehen der dargestellten Sachen dienen“ (Sachs, 1985, S. 38). Bereits Kinder in der Grundschule sind in der Lage, zeichnerisch konstruktive Prinzipien der Maschinen darzustellen, wenn auch in unterschiedlichem Maße (vgl. Faulstich, 1992, S. 5). Sind funktionale Aspekte und die konstruktiven Prinzipien der Maschinen für die Kinder nachvollziehbar, so stehen in ihren Zeichnungen instrumentelle Aspekte im Vordergrund (vgl. Faulstich, 1992, S. 8, 9).

Den Zeichnungen der Kinder können somit konstruktive Prinzipien entnommen werden, die sich sowohl in den Wirkmechanismen selbst als auch in ihrem Anspruchsniveau äußern. Es wird angenommen, dass Kinder in der Grundschule bei der Planung der Objekte die Verfügbarkeit der Materialien und die Umsetzbarkeit der möglichen Handlungen mit in Betracht ziehen, d. h. dass die Materialauswahl und ihre Bearbeitungsmöglichkeiten sich auf die Ideenfindung auswirken. Die kognitive Reife der Kinder und gendertypischen Präferenzen könnten bei der Planung der Objekte eine Rolle spielen. Da bei den Kindern funktionale Aspekte im Vordergrund zu stehen scheinen, wird angenommen, dass die Zeichnungen wenig weitere Hinweise enthalten.

Die „Erfindung“ ist eine individuelle Leistung, sie findet aber in einem sozialen Kontext statt. Nicht zu vernachlässigen ist dabei die Bedeutung des Diskurses. Diskurs gehört zu den sprachlich-sozialen Handlungen, die sich insbesondere durch Intersubjektivität auszeichnen. Der Diskurs erfolgt indem die Diskursteilnehmer die Aufmerksamkeit auf den gleichen Sachgegenstand lenken, d. h. diese Aufmerksamkeit miteinander teilen und darüber miteinander kommunizieren (vgl. Tomasello, 2003, S. 50 ff.; Tomasello, 2008, S. 107, 108, 343). Die Verwendung der sprachlichen Ausdrucksmittel hilft den Kindern, die Gegebenheiten so zu repräsentieren, wie es die kommunikative Situation erfordert (vgl. Tomasello, 2005, S. 13, 281). Die Fähigkeit zur Intersubjektivität ermöglicht das Verstehen der eigenen und fremden geistigen Zustände (Ideen, Absichten, Emotionen etc.; vgl. Zlatev, 2008, S. 216). Haben Kinder die Gelegenheit, sich über die eigenen und fremden Ideen auszutauschen, prüfen sie antizipierend den Zusammenhang zwischen den konstruktiven Prinzipien und funktionalen Auswirkungen sowie die technische Realisierbarkeit der Ideen. Wird das Fragenstellen als die Suche nach Information betrachtet, dann spiegeln die Fragen die Struktur des Wissens und die Organisation der Gedanken wider (vgl. Mosher & Hornsby, 1971, S. 117). Das Interesse

der Kinder gilt hier weniger den von ihnen als gut und schlüssig eingeschätzten Ideen/ Lösungsvorschlägen. Die Kinder stellen vielmehr Fragen bzw. machen Anmerkungen zu den Entwürfen, die sie als problematisch in der Umsetzung oder nicht schlüssig im Hinblick auf den Wirkmechanismus betrachten.

1.2.2 Herstellung der Objekte

Stellen Kinder die von ihnen geplanten Objekte her, dann werden in diesen Artefakten ihre Vorstellungen sichtbar. Es wird angenommen, dass Kinder in der Grundschule in der Lage sind, Objekte herzustellen, die über einen Wirkmechanismus verfügen. Die Kombination verschiedener Eigenschaften der Materialien und konstruktive Zusammenhänge lassen auf das Anspruchsniveau des Wirkmechanismus schließen. Bei der Planung der Entwürfe ist davon auszugehen, dass die Kinder die Materialauswahl und -verfügbarkeit sowie Bearbeitungsmöglichkeiten antizipierend berücksichtigen. Bei der Herstellung der Objekte sind sie von den real vorhandenen Materialien und ihren Bearbeitungsmöglichkeiten abhängig. Dies könnte sich auf die Wirkmechanismen auswirken. Als ein weiterer möglicher Einflussfaktor könnte sich das technische Wissen, welches auf Vorerfahrungen beruht, auf die Umsetzung der Ideen auswirken. Das Alter, das als eine Stellvertretervariable für vielfältige Aspekte der kognitiven Entwicklung betrachtet werden kann, könnte ebenso wie das Geschlecht Auswirkungen haben, die sich in den Eigenschaften der geschaffenen Artefakte äußern.

Die Herstellung der Objekte erfolgt nicht als Fertigung nach Plan, bei der die einzelnen Handlungsschritte, der Handlungsablauf, die Materialien und die konstruktiven

Lösungen bereits vorgegeben sind. Orientieren sich die Kinder an ihren Ideen, dann erfolgt die Fertigung als ein Prozess, bei dem vielfältige Probleme erkannt und gelöst werden müssen. Probleme zu erkennen und sie zu lösen wird als wichtiger Bestandteil des *Design Process* angesehen (vgl. bspw. Beinbrech, 2003, S. 40; Drube, 1978, S. 7; Eggleston, 2001; Lewis, 2009, S. 263; McCade, 1990; Sachs & Fies, 1977, S. 13 ff; Schmayl, 2010, S. 215; Ulrich & Klante, 1973, S. 10 ff). Welche Probleme auftreten, hängt einerseits von den geplanten Objekten ab, z. B. von den konstruktiven Eigenheiten, andererseits aber auch von den ma-



teriellen Möglichkeiten der Umsetzung des in Betracht gezogenen Wirkmechanismus. Es ist anzunehmen, dass die kognitive Reife das Problemlöseverhalten beeinflusst und dass sich die Mädchen beim Erkennen und Lösen technischer Probleme von den Jungen unterscheiden.

1.3 Technische Kreativität

Es besteht weithin Konsens darüber, dass das Erfinden eine Tätigkeit ist, die Kreativität erfordert. Bereits in der Expertise von Kosack et al. wurde ausführlich auf den Aspekt der Kreativität eingegangen (vgl. auch Jeretin-Kopf & Kosack, 2012). In der einschlägigen Literatur findet man allerdings nur wenige Hinweise auf eine Definition der *technischen* Kreativität. Lochner beschreibt die technische Kreativität als Befähigung zum Entwickeln, Variieren und Abbilden technischer Lösungsideen (vgl. Lochner, 1988, S. 24). Die Kreativität beruhe auf den gleichen Faktoren wie die Intelligenz und entwickle sich im Wechselspiel zwischen Vorstellungsvermögen, Variations- und Darstellungsfähigkeit (vgl. Lochner, 1988, S. 44). Technische Kreativität umfasse allgemeine, komplexe Denkprozesse, technische Kenntnisse, das Entwerfen technischer Objekte und das Variieren der konstruktiven Elemente (vgl. Lochner, 1988, S. 48). An diese Definition der technischen Kreativität bezieht sich auch Heller, der die Kreativität als einen der Prädikatoren für Begabung ansieht (Heller, 2008, S. 37, 53).

Kreativität wird als ein Konstrukt angesehen, das neben den erwähnten Aspekten noch weitere umfasst, wie beispielsweise die soziale Umwelt, Persönlichkeitsaspekte und den kreativen Prozess (vgl. Jeretin-Kopf & Kosack, 2012, S. 109–115). Sie äußert sich im Produkt, im neu geschaffenen Artefakt und auch im Verhalten des kreativ Tätigen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist nicht das kreative Potential von Schülerinnen und Schülern von Interesse, sondern die Performanz, das sichtbare und beobachtbare kreative Verhalten sowie das Produkt ihres Handelns.

Persönlichkeitsmerkmale wie Geschlecht und Alter könnten einen Einfluss auf einzelne Aspekte des kreativen Verhaltens haben. Außerdem ist es denkbar, dass die Umwelt darauf einen Einfluss hat, welche Aspekte des kreativen Verhaltens besonders zur Ausprägung gelangen. Als ein für die technische Kreativität wichtiger Umweltaspekt werden die zur Verfügung stehenden Materialien und die Möglichkeiten ihrer Bearbeitung angesehen.

1.4 Technisches Wissen

Zum technischen Wissen gehört mehr als nur Faktenwissen. Wissen über die in der Natur vorhandenen Zusammenhänge, über technische Phänomene und Möglichkeiten des technischen Handelns sowie über technische Artefakte gehören ebenso dazu wie Normen- und Wertekennntnis oder Technikverständnis³⁸. Weitere Aspekte des theoretischen und praktischen Wissens kommen hinzu. Für die vorliegende Studie ist das Wissen, welches auf der Alltagserfahrung der Kinder mit Werkzeugen, Maschinen und technischen Spielen beruht, von Bedeutung.

Bereits in der Expertise von Kosack et al. wurde auf mehrere Studien hingewiesen, welche die Technikerfahrung von Jungen und Mädchen untersuchen. Gendertypische Unterschiede lassen sich im Hinblick auf Technikerfahrung feststellen. So verfügen Mädchen über geringere Technikerfahrung als die Jungen (vgl. Schmeinck & Kosack, 2003; Ziefle & Jakobs, 2009, S. 118), allerdings scheint es im Hinblick auf die Technikteilhabe keine Unterschiede zu geben: Alltägliche technische Gebrauchsgegenstände werden von den Mädchen genauso genutzt wie von den Jungen (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 127). Ob die Technikerfahrung einen Einfluss auf die motivationalen Aspekte ausübt oder umgekehrt, wird in der Forschung diskutiert (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 118). Die Ergebnisse der Studie von Ziefle und Jakobs lassen die Vermutung zu, dass auch das Alter einen Einfluss auf die Technikerfahrung und auf eine verstärkte Zuwendung zu technischen Inhalten hat (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 115).

1.5 Basiskompetenzen

Die Entwicklung allgemeiner *kognitiver Kompetenzen* ist für die Beurteilung der Problemlösefähigkeit von Bedeutung. Es ist anzunehmen, dass die kognitive Entwicklung – bspw. des räumlichen Vorstellungsvermögens, das Erkennen der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge oder das schlussfolgernde Denken – für die erfolgreiche Bewältigung der technischen Probleme ausschlaggebend ist. Und umgekehrt lässt sich annehmen, dass das aktive handlungsbezogene Lösen technischer Probleme die kognitive Entwicklung der Kinder beeinflusst (vgl. Aebli, 1980, S. 13).

Da das Lösen technischer Probleme an kognitive Prozesse gekoppelt ist, d. h. eine bestimmte kognitive Reife voraussetzt, stellt sich die Frage, ob Kinder in der Grundschule dazu in der Lage sind. Möller sieht durch ihre Studie die Annahme bestätigt, dass Kinder

³⁸ Zur Theorie des technischen (und technikwissenschaftlichen) Wissens, siehe Kornwachs (2010).

in der Grundschule „bei technischen Funktionszusammenhängen früher als in anderen Fachbereichen nach dem ‚Wie‘ des Geschehens fragen“ (Möller, 1991, S. 371). Sie vertritt die These, dass sich für neun- bis elfjährige Kinder technische Inhalte besonders für die kognitive und handelnde Auseinandersetzung eignen, „weil zwischen Denk-, Sach- und Motivationsstruktur eine Isomorphie besteht, wobei die Denk- und Motivationsstruktur die subjektiven, individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler, die Sachstruktur dagegen die objektiv gegebenen Lerninhalte umfasst“ (Möller, 1991, S. 317).

Ziefle und Jakobs gehen davon aus, dass zwölf- bis vierzehnjährige Jugendliche über die nötigen kognitiven Fähigkeiten verfügen, die eine Auseinandersetzung mit technisch-naturwissenschaftlichen Fragestellungen ermöglichen (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 126). Die gendertypischen Unterschiede im Hinblick auf kognitive und technikrelevante Leistungen bezeichnen sie als nicht relevant (vgl. Ziefle & Jakobs, 2009, S. 126).

Neben den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten sind auch motorische Fertigkeiten für das erfolgreiche Herstellen technischer Objekte von Bedeutung. Die geschlechtstypischen Unterschiede sind zwischen dem sechsten und zehnten Lebensjahr eher als gering zu bezeichnen (vgl. Dreher, 2001, S. 121), so dass davon ausgegangen werden kann, dass sich die Differenzen nicht auf den *Design Process* auswirken.

1.6 Zusammenfassung

Die Zieldimensionen früher technischer Bildung auf Ebene der Kinder, welche in der vorliegenden Studie untersucht werden, lassen sich folgenden Bereichen zuordnen:

a. Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik.

Dieser Bereich umfasst Aspekte, welche langfristig beeinflussbar sind wie Selbstwirksamkeit, Interesse für technische Tätigkeiten und Berufe sowie Einstellungen gegenüber Technik und Aspekte, die kurzfristig beeinflussbar sind wie die aktuelle Motivation.

b. Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten.

Der Aspekt *Technische Denk- und Handlungsweisen* ist eins der drei Aspekte, welche dieser Zieldimension zugeordnet wurden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens gilt das Interesse dem als *Design Process* bezeichneten Vorgang des „Erfindens“, des freien Konstruieren und Fertigen. Innerhalb des *Design Process* werden in der Grobeinteilung zwei Phasen unterschieden: (1) die Planungsphase

und (2) die Fertigungsphase. Die Entwürfe der Kinder und die hergestellten Objekte geben Aufschluss über das Verständnis über die funktionalen Zusammenhänge. Der Diskurs über die Entwürfe sowie die während der Bauphase geäußerten und gelösten Probleme geben Aufschluss über die Problemlösefähigkeit der Kinder.

c. Technische Kreativität

Die Zieldimension „*Technische Kreativität*“ umfasst Aspekte, welche der Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ zugeordnet werden. Vor allem dem Problemlöseverhalten ist innerhalb der beiden Zieldimension eine zentrale Bedeutung zuzuweisen. Allerdings geht die technische Kreativität über die Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche beim Lösen technischer Probleme erforderlich sind hinaus und umfasst zusätzlich noch personenbezogene Merkmale, wie Ausdauer, Originalität, usw., als auch Aspekte, welche sich im Produkt äußern und durch vielfältige Faktoren (bspw. soziokulturelle, umweltbezogene, ökonomische, usw.) beeinflusst werden.

d. Technisches Wissen

Neben weiteren Wissensbereichen zählen die Vorerfahrungen, welche die Kinder im Umgang mit den Werkzeugen und Maschinen in ihrem Alltag machen, zum technischen Wissen. Dazu zählen auch die spielerischen Erfahrungen mit technischem Spielzeug.

e. Übergreifende Basiskompetenzen

Die kognitive Reife ist eine der Voraussetzungen zum Lösen technischer Probleme. Es wird angenommen, dass bei den Kindern im Alter von acht bis zehn Jahren die verschiedenen kognitiven und motorischen Fähigkeiten hinreichend ausgereift sind, damit technische Probleme gelöst werden können.

2. Fragestellungen und Hypothesen

Die Expertise „Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ von Kosack et al. (2015, in diesem Band) beschreibt die Zieldimensionen, welche im Rahmen der technischen Bildung sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der Fach- und Lehrkräfte anzustreben sind. Im vorhergehenden Kapitel wurden nur diejenigen Zieldimensionen auf Ebene der Kinder beschrieben, welche im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht wurden (vgl. Anhang 1.1).

Das Ziel dieser Studie war es an einem geeigneten Zugangsthema den Einsatz verschiedener elaborierter Technikmedien zu vergleichen.

Bei den technikdidaktischen Medien, die im Rahmen der Studie 1 erprobt wurden, handelt es sich um vier verschiedene Materialsysteme (eine genauere Beschreibung der verwendeten Materialien erfolgt in Kapitel 3.2.):

- Lego (The LEGO Group)
- Fischertechnik (fischerwerke GmbH & Co. KG)
- UMT – Universelles Mediensystem für den Technikunterricht (LPE Technische Medien GmbH)
- Baumarktmaterialien

Die Materialsysteme, welche in der Studie zum Einsatz kamen, lassen sich technikdidaktisch in zwei Gruppen einteilen:

1. Materialien, welche vordefinierte Lösungsmöglichkeiten für technische Probleme anbieten und bei denen keine mechanischen oder thermischen Bearbeitungsmöglichkeiten vorgesehen sind.

Beispiele: Lego und Fischertechnik



2. Materialien, welche nur wenig vordefinierte Lösungsmöglichkeiten vorsehen und bei denen mechanische als auch thermische Bearbeitungsmöglichkeiten vorgesehen sind.

Beispiele: Universelles Mediensystem für den Technikunterricht (UMT) und Baumarktmaterialien.

Es wird angenommen, dass die Wahl des Materialsystems einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung der Zieldimensionen hat.

Die Materialsysteme unterscheiden

sich in den Bearbeitungsmöglichkeiten und Eigenschaften der jeweiligen Materialien. Dies beeinflusst die Möglichkeiten der technischen Lösungsmöglichkeiten, die entweder einschränkt oder erweitert werden können.

Weiterhin ist denkbar, dass die Materialsysteme sowohl einen Einfluss auf die Motivation der Kinder als auch auf die technische Kreativität haben, da sie durch ihre Eigenschaften, wie Farbe, Form, Bearbeitungsmöglichkeiten, Vorhandensein vordefinierter Lösungen usw., Kinder im unterschiedlichen Maße ansprechen. Darüber hinaus ist es möglich, dass sich sowohl das Alter als auch das Geschlecht auf die Zieldimensionen auswirken. Die Stichprobe, auf die sich die Fragestellung beschränkt, sind acht- bis zehnjährige Kinder beider Geschlechter.

Als das geeignete Zugangsthema wurde das Konstruieren und Fertigen einer Gummibärchenwurfmaschine gewählt, da angenommen wurde, dass dieses Thema Mädchen wie Jungen gleichermaßen anspricht und für die vorgesehene Altersstufe geeignet ist. Da im Design Process sowohl die technischen Denk- und Handlungsweisen ihre Anwendung finden, als auch das Erfinden technischer Gegenstände unter besonderer Berücksichtigung der technischen Kreativität betrachtet werden kann, wurde dieser Zugang als eine Möglichkeit betrachtet Indikatoren für erfolgreiche Lernprozesse im Hinblick auf beide Zieldimensionen bestimmen zu können.

2.1 Fragestellungen

Die Untersuchung der dargestellten Aspekte der Zieldimensionen erfolgt unter der Fokussierung auf fünf spezifische Fragestellungen, welche im Folgenden dargestellt werden:

1. Welchen Einfluss haben verschiedene Materialsysteme innerhalb des Design Process auf die motivationalen und emotionalen Aspekte?

Um diese Frage zu beantworten, wurden Messinstrumente entwickelt und erprobt, welche die Zuversicht in eigene technische Fähigkeiten erfassen, Wertungen und Einstellungen im Hinblick auf das eigene und fremde technische Wissen und die Bedeutung der Maschinen für die Arbeit sowie das Interesse der Kinder für eigene technische Tätigkeiten und das Interesse für Berufe mit technischem Bezug messen. Dazu wurden Items aus bereits vorhandenen Messinstrumenten an die Altersgruppe angepasst und mit neuen Items ergänzt. Dieser Aspekt des affektiven Bereichs ist eher langfristig beeinflussbar. Er könnte aber Auswirkungen auf die eher kurzfristig beeinflussbaren motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik, die aktuelle Motivation, haben und dient daher als Kontrollvariable. Die Kinder wurden zudem nach eigenen Berufswünschen gefragt.

Im Rahmen der Studie wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Materialsysteme auf die aktuelle Motivation der Kinder während der aktiven Auseinandersetzung mit technischen Inhalten auswirken. Zur Messung der *Aktuellen Motivation* wurde ein Fragebogen entwickelt, welcher stets während der Bauphase eingesetzt wurde. Mit dem Fragebogen sollten folgende vier Faktoren der *Aktuellen Motivation* erfasst werden: das *Interesse* an der aktuellen Tätigkeit, die *Erfolgswahrscheinlichkeit*, die *Herausforderung* und die *Misserfolgsbefürchtung* im Umgang mit aktuellen Materialien und Aufgaben.

2. Welchen Einfluss haben verschiedene Materialsysteme innerhalb des Design Process auf das „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“?

Der Aspekt „Technische Denk- und Handlungsweisen“ wurde untersucht unter der besonderen Berücksichtigung der

- Eigenschaften der Entwürfe (Wirkmechanismus, Schwierigkeitsgrad, Hinweise auf Befestigungen und weitere Mechanismen)
- Eigenschaften der Objekte (Wirkmechanismus, Schwierigkeitsgrad, Funktionalität, Übereinstimmung mit dem Entwurf)
- Problemlösefähigkeit

3. Welchen Einfluss haben verschiedene Materialsysteme innerhalb des Design Process auf die technische Kreativität?

Besondere Berücksichtigung sollen dabei personenbezogene Aspekte des Verhaltens erfahren.

Basierend auf der Annahme, dass der *Design Process* einzelne Aspekte des Konstrukts *Kreativität* umfasst, wurden sowohl das Artefakt, also die Fähigkeit, Probleme zu erkennen und zu lösen, als auch Aspekte des kreativen Verhaltens erfasst, von denen angenommen wird, dass kreative Menschen sich durch sie auszeichnen. Diese Aspekte des *Design Process* wurden in der Studie erfasst. Im Fokus des Interesses stand hier die Frage, ob sich die Wahl des Materialsystems auf das kreative Verhalten der Kinder auswirkt.

4. Welchen Einfluss hat das technische Wissen auf die aktuelle Motivation, Problemlösen und das kreative Verhalten?

In der Expertise „Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ (Kosack et al., 2015) wurde bereits auf die große Bedeutung der Vorerfahrungen, welche die Kinder in ihrem Alltag mit Maschinen, Werkzeugen und Spielen mitbringen, hingewiesen. In der Vorerhebung wurden die Kinder nach diesen Vorerfahrungen gefragt. Die *Vorerfahrungen* der Kinder sollten als Kontrollvariable dienen. So konnte überprüft werden, ob sich die Kinder, welche über vielfältige Vorerfahrungen verfügen, innerhalb des *Design Process* von den Kindern mit wenig Erfahrung unterscheiden.

5. Welchen Einfluss hat das schlussfolgernde Denken auf die aktuelle Motivation, Problemlösen und das kreative Verhalten?

Das Schlussfolgernde Denken als allgemeine, kognitive Kompetenz und somit übergreifende Basiskompetenz diene lediglich als Kontrollvariable.

Tabelle 15 veranschaulicht die Zuordnung der Messinstrumente zu den Zieldimensionen. Variablen, die als Kontrollvariablen (KV) vorgesehen waren, sind als diese gekennzeichnet.

Zieldimension Kind	Was wird gemessen?	Zeitpunkt der Erhebung	
Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik (KV)	Zuversicht	Vorerhebung
		Wertungen und Einstellungen	
Interesse für techn. Tätigkeiten (Freizeitwünsche)			
Interesse für Berufe mit technischem Bezug			
	eigene Berufswünsche		
	Aktuelle Motivation	Hauptuntersuchung	
Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten: Technische Denk- und Handlungsweisen	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Wirkmechanismus des Entwurfs und des Artefakts ◆ Anspruchsniveau der technischen Konstruktion (Entwurf und Artefakt) ◆ Anzahl und Art der erkannten Probleme, sowohl in der Planungsphase als auch in der Bauphase ◆ Art und Anzahl der gelösten Probleme in der Bauphase 	Hauptuntersuchung	
Technische Kreativität	Aspekte des kreativen Verhaltens: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Ausdauer ◆ Originalität ◆ Zielstrebigkeit ◆ geistige Wendigkeit ◆ Flexibilität ◆ Interesse für das Geschehen in der Gruppe ◆ aktive Beteiligung an der Problemlösung anderer 	Hauptuntersuchung	
Technisches Wissen	Vorerfahrungen (KV) mit <ul style="list-style-type: none"> ◆ Werkzeugen ◆ Maschinen ◆ Spielen 	Vorerhebung	
Basiskompetenzen	Technisches Verständnis (KV)	Vorerhebung	
	Schlussfolgerndes Denken (KV)		

Tabelle 15: Messinstrumente der jeweiligen Zieldimensionen

2.2 Hypothesen

Im Vorfeld wurde angenommen, dass die vier verschiedenen Materialsysteme einen Einfluss auf oben genannte Aspekte der Zieldimensionen haben. Im Einzelnen wurden folgende Hypothesen formuliert:

Zwischen den Kindergruppen, die mit verschiedenen Materialsystemen gearbeitet haben (Materialsystemgruppen), bestehen Unterschiede im Hinblick auf:

Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“

Aspekt: Einzelne Faktoren der aktuellen Motivation:

- a. *Interesse*. Materialsysteme, welche den Kindern handwerkliche Tätigkeiten erlauben und nur wenige vordefinierte Lösungsansätze beinhalten (Baumarktmaterialien und UMT), erhöhen das Interesse der Kinder.
- b. *Erfolgswahrscheinlichkeit*. Arbeiten Kinder mit ihnen vertrauten Materialien wie Lego erhöht dies die Wahrscheinlichkeit, dass sie sich der Aufgabe gewachsen fühlen, d. h. hinsichtlich des Erfolges zuversichtlicher sind als bei den anderen Materialgruppen.
- c. *Herausforderung*. Bei Materialien mit wenig vordefinierten Lösungsansätzen steigt die Herausforderung. Es wird angenommen, dass die Vorgabe der Lösungsmöglichkeiten, wie dies bei Lego und Fischertechnik der Fall ist, zu einer im Vergleich zu den beiden anderen Materialsystemgruppen verminderten Herausforderung führt.
- d. *Misserfolgsbefürchtung*. Die Vorgabe der Lösungsmöglichkeiten (Lego und Fischertechnik) mindert die Furcht vor dem Misserfolg. Müssen Lösungsmöglichkeiten erst durch handwerkliches Tun wie Bohren, Sägen etc. umgesetzt werden (wie dies bei UMT und Baumarktmaterialien der Fall ist), verstärkt dies die Misserfolgsbefürchtung.

Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“

Aspekt: Technische Denk- und Handlungsweisen

- a. Eigenschaften der Entwürfe:
 - *Wirkmechanismus*. Stehen den Kindern vielfältige, verschiedenartige und vielseitig kombinierbare Materialien zur Auswahl (Baumarktmaterialien), dann ist anzunehmen, dass sie mehr verschiedenartige Wirkmechanismen bei der Planung entwerfen als bei den Materialsystemen mit Halbzeugen oder Bausteinen (UMT, Lego, Fischertechnik).

- *Schwierigkeitsgrad*. Die Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Kinder die Eigenschaften verschiedenartiger Materialien nutzen und sie auf vielfältige Weise miteinander kombinieren. Es wird angenommen, dass zwischen Baumarktmaterialien und Fischertechnik die Unterschiede am deutlichsten hervortreten werden.
 - In der Planungsphase liegt der Fokus der Aufmerksamkeit bei den Kindern bei den Wirkmechanismen. Es wird angenommen, dass *Hinweise auf Befestigungen und weitere Mechanismen* kaum in den Zeichnungen vorhanden sein werden und dass sich die Materialsystemgruppen darin nicht unterscheiden.
- b. Eigenschaften der Objekte:
 - *Wirkmechanismus*. Wie bei den Wirkmechanismen der Entwürfe wird auch hier angenommen, dass sich die Möglichkeit, verschiedenartige und vielseitig kombinierbare Materialien einzusetzen, auf die Anzahl der verschiedenartigen Wirkmechanismen auswirkt. Stehen den Kindern Halbzeuge und Baustein-Materialien zur Verfügung, führt dies zu einer Reduktion der umgesetzten Möglichkeiten.
 - *Schwierigkeitsgrad*. Wie bei der Planung der Entwürfe wird auch hier davon ausgegangen, dass die Unterschiede zwischen den Schwierigkeitsgraden der Objekte vor allem zwischen den „Extremgruppen“ Baumarkt und Fischertechnik zum Ausdruck kommen. Es wird angenommen, dass bei Fischertechnik eher die einfachen Konstruktionen umgesetzt werden.
 - *Funktionalität*. Die Funktionalität hängt von den Möglichkeiten der technischen Umsetzung der gedachten Entwürfe ab. Die Funktionalität einer Wurfmaschine, wie Kinder dieser Altersgruppe sie bauen können, kann durch einfache, aber stabile Konstruktionen einen hohen Grad erreichen. Die Umsetzung technisch anspruchsvoller Ideen kann an der handwerklichen Ungeübtheit/Ungeschicklichkeit der Kinder scheitern. Außerdem hängt die Funktionalität einer Wurfmaschine von ihrer Stabilität ab. Legosteine lassen sich nicht so stabil miteinander verbinden wie die Fischertechnik-Steine. Es wird angenommen, dass Fischertechnik sich gegenüber Lego überlegen zeigt und dass die UMT-Gruppe hinsichtlich der Funktionalität der Objekte der Baumarkt-Gruppe überlegen ist.
 - *Übereinstimmung der Objekte mit dem Entwurf*: Die Kinder waren nicht verpflichtet, sich beim Bau der Objekte an die zuerst geplanten Entwürfe zu halten. Es ist anzunehmen, dass die Kinder nach den Gesprächsrunden die eventuellen Probleme, die bei der Umsetzung auftauchen könnten, einschätzen und sich für Wurfmaschinen entscheiden, deren Umsetzung entweder weniger problematisch oder aus einem anderen Grund attraktiver erscheint. Es wird angenommen, dass dies in allen Gruppen der Fall ist, d. h. dass sich die Vergleichsgruppen in dieser Hinsicht nicht voneinander unterscheiden.

c. *Problemlösefähigkeit in der Planungsphase:*

In der Planungsphase setzen sich Kinder mit den eigenen und fremden Entwürfen der Wurfmaschinen auseinander. Sie durchdenken die Wirkmechanismen und entdecken dabei Ungereimtheiten oder Unklarheiten. Dazu stellen sie sich gegenseitig Fragen. Es wird angenommen, dass in den Materialsystemgruppen die meisten Fragen gestellt werden, in denen die Spielräume für konstruktive Lösungen am geringsten sind oder unbekannte Materialien und Lösungsansätze vorhanden sind. Dies könnte bei der Fischertechnik-Gruppe der Fall sein.

d. *Problemlösefähigkeit in der Bauphase:*

Diese unterscheidet sich grundlegend von der Problemlösefähigkeit in der Planungsphase. In der Bauphase kommen Probleme zum Vorschein, die sich dadurch ergeben, dass die Kinder an der Umsetzung ihrer Vorhaben zunächst scheitern und alternative Lösungsmöglichkeiten suchen müssen. Bei den Materialsystemen, welche nach dem Baustein-Prinzip funktionieren, ist die Gefahr eher gering, dass sich die Planung nicht umsetzen lässt, da bei der Planung eher das berücksichtigt wird, was im Rahmen des Materialsystems auch machbar ist. Die Machbarkeit bzw. Umsetzbarkeit des Vorhabens kann bei den Baumarkt- und UMT-Materialien daran scheitern, dass bspw. Lösungen für die Befestigungen erst gefunden werden müssen. Dies erhöht die Anzahl der Probleme, aber auch die Anzahl der Lösungsmöglichkeiten. Es wird angenommen, dass in der Baumarkt-Gruppe die Gelegenheit, Probleme zu erkennen und durch alternative Lösungen zu bewältigen, eher gegeben ist als in den anderen Gruppen.

Zieldimension „Technische Kreativität“

Aspekt : Kreatives Verhalten

Durch die Studie soll geklärt werden, ob sich das Materialsystem auf folgende Aspekte des Kreativen Verhaltens auswirkt:

- Ausdauer,
- Originalität,
- Zielstrebigkeit,
- geistige Wendigkeit, Flexibilität,
- Interesse für das Geschehen in der Gruppe und
- aktive Beteiligung an der Problemlösung anderer.

3. Design der Studie

3.1 Stichprobe

An der Studie nahmen $N = 246$ Kinder aus vier Grundschulen im Raum Karlsruhe teil, darunter 115 Mädchen und 131 Jungen. Die Stichprobe bestand aus 85 acht-, 119 neun- und 42 zehnjährigen Kindern.

Die meisten Schülerinnen und Schüler (198) besuchten zum Messzeitpunkt die dritte Klasse, zwei Kinder besuchten die zweite Klasse und 46 Kinder die vierte Klasse.

Im Vorfeld wurden die Kinder in Gruppen eingeteilt, die mit verschiedenen Materialsystemen (UMT, Lego, Fischertechnik und Baumarkt-Materialien) gearbeitet haben. Mit dem UMT-Materialsystem arbeiteten 55 Kinder, mit Lego 61, mit Fischertechnik 55 und mit Baumarktmaterialien 75 Kinder.

3.2 Materialsysteme

Alle Einrichtungen verfügten über eingerichtete Technikräume, in denen Gruppen mit Baumarkmaterialien arbeiten konnten. Lego- und Fischertechnik-Gruppen arbeiteten in den Klassenräumen. Für Gruppen, welche mit UMT-Materialien arbeiteten, wurden Räume mit UMT-Tischen und Vorrichtungen durch die Firma LPE Technische Medien ausgestattet, oder sie besuchten die Kinderwerkstatt an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, wo ein mit UMT-Vorrichtungen ausgestatteter Fach-Raum zur Verfügung stand.

Lego

Neben einer reichhaltigen Auswahl an Grundbausteinen gehörten zu der Ausstattung der Lego-Gruppen acht verschiedene Bausätze.³⁹ Die Materialien befanden sich in Sortierkästen. Pro Schülergruppe, der maximal vier Schülerinnen und Schüler angehörten, standen jeweils zwei verschiedene Sortierkästen mit Lego-Materialien zur Verfügung. Im großen Sortierkasten befanden sich Grundbausteine, Räder, Platten etc.. Im zweiten, etwas kleineren Sortierkasten waren eher Funktionsteile wie Winkel, Rad-aufhängungen etc. übersichtlich sortiert. Die Kinder konnten sich frei aus den Kästen bedienen. Zusätzlich wurden Gummibänder und Gummiriemen zur Verfügung gestellt.

³⁹ Lego Bausätze Nr. 7950, 9484, 4653, 4981, 3118, 4982, 4439, 3368 und 7946.

Fischertechnik

Pro Schülerin und Schüler stand jeweils ein *Technischer Baukasten Basis-Set 1 und 2* von Fischertechnik zur Verfügung. Darüber hinaus wurden fünf Baukästen der *Da Vinci Machines* in Sichtkästen sortiert und auf den Tischen so angeordnet, dass der Inhalt für die Kinder jederzeit sichtbar war und sie sich selbstständig bedienen konnten. Zusätzlich standen den Kindern auch 20 blaue elastische Leisten aus dem Erweiterungsset *Mechanische Antriebe* zur Verfügung. Darüber hinaus wurden Gummibänder und Gummiriemen zur Verfügung gestellt.

Baumarktmaterialien

Folgende Materialien standen den Kindern in Kästen sortiert zur Verfügung: Holzleisten und Platten unterschiedlicher Maße, Holzräder, Holzkugeln, Holzwürfel, Kunststoffleisten und Platten unterschiedlicher Maße, Kunststoffrohre (HT-Rohre) und Deckel, Kunststoffräder, Zieh- und Druckfedern, Muffen, Scharniere, Metallplatten unterschiedlicher Stärke und Größe, Metallwinkel, Metallbänder, Metallachsen, Holzschrauben, Nägel, Schrauben mit Muttern, Flügelmüttern, Unterlegscheiben, Nieten, Schraubhaken, Schraubösen, Kabelbinder, Schnur, Gummibänder und Gummiriemen sowie Holzleim.



Folgende Werkzeuge waren in Halterungen sortiert und standen den Kindern in ausreichender Anzahl zur Verfügung: Feinsäge, Metallsäge, Hammer, Schraubendreher, Zangen.

Darüber hinaus befanden sich in zwei Werkzeugkoffern folgende Werkzeuge: zwei Blechscheren, zwei Nietenzangen, mehrere Lineale, vier Winkel, vier Akkuschauber mit Drei-, Vier- und Sechs-Millimeter-Bohrern und Schraubenbits.

Die Baumarkt-Gruppen arbeiteten stets in ausgestatteten Technikräumen, so dass jedes Kind einen Platz an der Werkbank zugewiesen bekam, der mit einem Schraubstock ausgestattet war.

UMT-Materialien

Vier UMT-Tische⁴⁰ mit jeweils einer Bohr-, Säge- und Fräsvorrichtung standen den Kindern zur Verfügung, so dass jeder Tisch mit maximal vier Kindern besetzt werden konnte. Zusätzlich wurden stets zwei Heißbiegevorrichtungen an einem separaten Tisch installiert.

Folgende Materialien aus Kunststoff standen den Kindern zur Verfügung: gelochte und nicht gelochte Vierkantstäbe, Rundrohre, Rundstäbe, Profillochplatten, Kunststoffplatten aus Polystyrol. Außerdem wurden den Kindern gelochte Hartfaserplatten zur Verfügung gestellt.

Folgende Verbindungselemente standen zur freien Auswahl: Schrauben mit Muttern, Unterlegscheiben, Senkschrauben, Ringschrauben, Flügelmüttern.

An jedem Tisch befand sich ein Satz Schraubendreher und Ringschlüsseln sowie ein Fräsersatz und Bohrsatz.

Zusätzlich standen den Kindern folgende Materialien zur Verfügung: Federn, Kunststoffreifen, Metallachsen, Lenkräder, Luftschrauben, Zahnräder (Stirnräder) unterschiedlicher Größe, Riemenscheiben, O-Ringe für Riemenscheiben, Kabelbinder, Gummibänder, Gummiriemen, Distanzhülsen, Metallbügel und -winkel, Metallscheiben, Lasthaken, Schnur und Scharniere.

Die Materialien waren in Kästen und Schalen übersichtlich sortiert, so dass sie für Kinder jederzeit sichtbar waren und sich die Kinder selbstständig bedienen konnten.

3.3 Organisatorische Rahmenbedingungen

An der Studie nahmen Schülerinnen und Schüler ganzer Klassen freiwillig teil, d. h. es nahm immer eine Klasse geschlossen teil. Alle Kinder, die an der Studie teilnahmen, bekamen einen Code zugewiesen. Dieser Code diente der Identifizierung der Kinder und der Zuordnung der Objekte und Äußerungen zu den einzelnen Kindern. Kinder wurden zwar während des Unterrichts mit Namen angesprochen, die Namen der Kinder wurden jedoch nirgends notiert.

⁴⁰ Nähere Informationen zu UMT-Materialsystem finden sich unter <http://www.technik-lpe.eu/produkte/umt.html>

3.4 Durchführung

3.4.1 Vorerhebung

Im Vorfeld wurde mit allen Schülerinnen und Schülern, welche an der Hauptuntersuchung teilnehmen sollten, eine Vorerhebung durchgeführt. Mittels eines schriftlichen Tests wurden in der Vorerhebung einzelne Aspekte der Zieldimensionen *Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik, Übergreifende Basiskompetenzen und Technisches Wissen* erfasst, welche in der Auswertung als Kontrollvariablen dienten. Die Vorerhebung fand in den regulären Klassenräumen bzw. größeren Räumen der Schule statt, so dass gewährleistet werden konnte, dass zwischen den Schülerinnen und Schülern genügend Abstand herrschte, damit ein Abschreiben nicht möglich war. Zusätzlich zu der Studienleiterin waren stets zwei bis drei Studentinnen und Studenten bzw. studentische Hilfskräfte anwesend. Die Vorerhebung dauerte 45 bis 60 Minuten und wurde in allen Gruppen vormittags durchgeführt.

Die Durchführung der Vorerhebung erfolgte nach einem schriftlich festgelegten Plan mit genauen Angaben darüber, was und wann den Kindern gesagt werden sollte. Die Betreuerinnen bzw. Betreuer erläuterten den Schülerinnen und Schülern den Zweck und Ablauf der Studie und teilten die Fragebögen aus. Die Fragebögen wurden nach festgelegtem Plan von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet. Zudem waren die Betreuerinnen und Betreuer angehalten, lediglich die Anleitung vorzulesen (siehe Anhang 3.1).

3.4.2 Hauptuntersuchung

Für die Hauptuntersuchung wurden die Klassen von den Klassenlehrerinnen⁴¹ so in zwei Gruppen eingeteilt, dass das Verhältnis zwischen den Geschlechtern ausgewogen war und dass sich die Gruppen im Hinblick auf das allgemeine (schulische) Leistungsvermögen nicht unterschieden.

Jede der beiden Gruppen arbeitete zeitgleich in getrennten Räumen mit einem anderen Materialsystem.

Im Rahmen der Studie wurden an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe mehrere Tutoren beschäftigt, welche gemeinsam mit der Erstautorin die Durchführung der einzelnen Unterrichtseinheiten betreuten.

Jeder Gruppe wurden außerdem mindestens vier Betreuerinnen oder Betreuer (meist fünf bis sechs) zugewiesen. Bei den Betreuerinnen und Betreuern handelte es sich

⁴¹ Alle Lehrkräfte der teilnehmenden Klassen waren weiblich.

um Studentinnen und Studenten der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, welche im Rahmen eines Forschungsseminars von der Erstautorin in die Studie eingewiesen wurden. Diese wurden nach einer Einführungs- bzw. Probephase mit der Beobachtung der Schülerinnen und Schüler beauftragt. Dabei entfielen auf eine Betreuerin bzw. einen Betreuer maximal vier Schülerinnen oder Schüler.

Die Unterrichtseinheiten erstreckten sich über vier Unterrichtsstunden und wurden zur Halbzeit durch eine große Pause (20 Minuten) unterbrochen. Außer an einer Schule fanden alle Unterrichtseinheiten vormittags statt. Bedingt durch die organisatorischen Rahmenbedingungen an dieser Schule fand dort der Unterricht in zwei Vormittagsstunden statt und wurde nach der Mittagspause fortgesetzt. Dies betraf vier teilnehmende Gruppen: zwei Baumarkt-, eine UMT- und eine Fischertechnik-Gruppe. Fand der Unterricht an den Schulen statt, wurden alle benötigten Materialien angefahren und die Klassen- und Technikräume im Vorfeld für den Unterricht vorbereitet. Nach Ablauf der Unterrichtsstunde wurden alle hergestellten Objekte beschriftet und eingesammelt. Für alle Gruppen war ein identischer Ablauf vorgesehen. Der Verlauf war im Vorfeld schriftlich fixiert. Eine Betreuungsperson wurde zur Gruppenleiterin oder zum Gruppenleiter ernannt, diese waren für die Einhaltung der Schrittreihenfolge zuständig.

Im Folgenden soll der Ablauf der Unterrichteinheit kurz beschrieben werden: Zu Beginn wurde den Schülerinnen und Schülern durch die Gruppenleitung⁴² eine kurze Geschichte vorgelesen (siehe Anhang 3.3: „Annika und Felix lernen sich kennen (*Hauptuntersuchung*)). In dieser Geschichte lernen sich zwei Nachbarskinder, Annika und Felix, kennen. Annika möchte Felix ein paar von ihren Gummibärchen geben, aber eine hohe Mauer trennt die Grundstücke. Annika nimmt sich daher vor, eine Gummibärchenwurfmaschine zu bauen. Hier endet die Geschichte. Die Kinder bekommen den Auftrag, ebenfalls eine Gummibärchenwurfmaschine zu bauen.

Dazu erfolgte zunächst die Sichtung der zur Verfügung stehenden Materialien. Die Kinder konnten alle Materialien in die Hand nehmen, sie begutachten und ihre Eigenschaften prüfen. In einem Gespräch, das von der Gruppenleiterin bzw. dem Gruppenleiter geleitet wurde, wurde über die Materialeigenschaften und die Verarbeitungsmöglichkeiten der Materialien gesprochen.

Danach wurden die Kinder aufgefordert, eine Skizze der Gummibärchenwurfmaschine anzufertigen, welche sie dann der ganzen Gruppe vorstellten. Während des Zeichnens

⁴² Die Gruppenleiterinnen bzw. Gruppenleiter waren für die organisatorische Durchführung der Einheit, Leitung der Gespräche über die Materialien und Entwürfe zuständig.

durften die Kinder an die Materialtische gehen und sich die Materialien nochmals anschauen, in die Hand nehmen und ihre Eigenschaften, z. B. Biessamkeit, überprüfen. Allerdings durften sie nicht anfangen zu bauen. Die Entwürfe wurden an einer Wand befestigt und die Mädchen und Jungen wurden aufgefordert, zu den Skizzen Fragen zu stellen. Jedes Kind, das eine Frage oder Anmerkung zu einer der Skizzen hatte, bekam einen Aufkleber, den es an die Skizze heftete, zu der die Frage gestellt werden sollte. Der Gruppenleiter notierte auf dem Aufkleber die Art der Fragen nach einem vordefinierten Codeschema. Das Kind, welches den Entwurf gezeichnet hat, wurde danach aufgefordert, die Fragen zu beantworten. So tauschten sich die Kinder über die Wirkmechanismen, Möglichkeiten der Befestigungen etc. aus.

Nach diesem Austausch durften sich dann die Kinder an den Bau der Gummibärchenwurfmaschinen machen. Dabei konnten sie bei ihren Entwürfen bleiben, sich für einen anderen entscheiden oder einen gänzlich neuen entwickeln.

Während der Bauphase wurden die Kinder von den Betreuern beobachtet (Näheres dazu im Kapitel 4 zur Beschreibung der Messinstrumente).

Nach ungefähr zwei Unterrichtsstunden (halbe Bauzeit) erfolgte eine Pause. Nach der Pause füllten die Kinder einen Fragebogen zur Erfassung der *Aktuellen Motivation* aus. Danach fertigten sie ihre Gummibärchenwurfmaschinen weiter. Die Kinder durften ihre Gummibärchenwurfmaschinen jederzeit testen. Dafür standen genügend Gummibärchen zur Verfügung. Am Ende des Unterrichts wurden die hergestellten Objekte der Kinder beschriftet und eingesammelt.

3.5 Vorbereitung der Beobachter und Rater

Im Rahmen des forschungsbegleitenden Seminars wurden die Studentinnen und Studenten im Vorfeld der Datenerhebung mit den Hintergründen, dem Ablauf der Studie und den konkreten Aufgaben vertraut gemacht. Dazu gehörte, dass sie mit verschiedenen Materialsystemen dieselbe Aufgabe lösten wie die Kinder. Außerdem wurden im Vorfeld Beobachtungsaufträge geübt: zunächst im Rahmen des Seminars, dann mit den Kindern der Testphase bzw. in den Gruppen der Hauptuntersuchung. Erst nach mehrmaligem Üben nahmen die Studentinnen und Studenten als Beobachtende die Daten für die Studie auf, d. h. die Studierenden, welche die Beobachtungsaufträge neu übernahmen, nahmen zunächst nur zu Übungszwecken an einigen Terminen teil, bevor sie dann als Beobachtende in weiteren Gruppen eingesetzt wurden.

Für die Dateneingabe wurden mehrere studentische Hilfskräfte engagiert. Sie bekamen detaillierte Anweisungen und Codelisten, mithilfe derer die Daten eingegeben wurden. Bei der Dateneingabe mit SPSS arbeiteten die Rater stets zu zweit. Die Daten wurden stichprobenartig (ca. 50%) von einem weiteren Rater überprüft.

3.6 Vortest

Im Vorfeld wurden im Dezember 2011 und Januar 2012 alle eingesetzten Messinstrumente erprobt. An der Erprobung beteiligten sich 47 Kinder im Alter von sieben bis zehn Jahren, davon waren 35 männlich und 12 weiblich.

3.7 Zeitlicher Ablauf

Die Daten wurden zwischen Februar 2012 und Juli 2012 erhoben (siehe Tabelle 16). Die Erfassung der Daten mit SPSS erfolgte unmittelbar nach der Datenerhebung.

Dez. 2011	Jan. 2012	Feb. 2012	März 2012	April 2012	Mai 2012	Juni 2012	Juli 2012
		Vortest					
			Vorerhebung				
				Hauptuntersuchung			

Tabelle 16: Zeitplan der Datenerhebung

4. Beschreibung der Messinstrumente

4.1 Messinstrumente der Vorerhebung

Die Vorerhebung war in dieser Studie als Gruppentest konzipiert, ließe sich aber auch als Einzeltest anwenden. Der Test wurde ohne zeitliche Begrenzung durchgeführt.

Folgende **manifeste** Merkmale wurden in der Vorerhebung erhoben:

- Alter der Kinder in Jahren
- Klassenstufe
- Geschlecht
- Berufswunsch

Zu folgenden Zieldimensionen wurden **latente** Merkmale in der Vorerhebung erhoben:

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik
- Technisches Wissen
- Übergreifende Basiskompetenzen

Die Struktur latenter Variablen der Vorerhebung mit den Subtests und der Anzahl der Items ist aus Tabelle 17 ersichtlich.

Zieldimension	Name des Subtests	Anzahl der Items
Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	Zuversicht	6
	Wertungen und Einstellungen	4
	Interesse für technische Tätigkeiten (Freizeitwünsche)	3
	Interesse für technische Berufe	15
	Summe: 28	
Technisches Wissen	Vorerfahrungen: Werkzeuge	11
	Vorerfahrungen: Maschinen	11
	Vorerfahrungen: Spiele	7
	Summe: 29	
Übergreifende Basiskompetenzen	Technisches Verständnis	6
	Schlussfolgerndes Denken	15
	Summe: 21	

Tabelle 17: Latente Variablen der Vorerhebung

Die Subtests, die der Erfassung der Merkmale der Zieldimensionen dienen, werden im Folgenden beschrieben.

4.1.1 Erfassung motivationaler und emotionaler Aspekte im Umgang mit Technik

Subtest: Zuversicht

Die Items des Subtests *Zuversicht* wurden in Anlehnung an den standardisierten Test *Self-concept of Technical Ability and Attributional Preferences* von Baumert, Evans und Geiser (1998) formuliert. Sie wurden übersetzt und negativ formulierte Items wurden positiv formuliert, da dies für die Kinder leichter zu beantworten war. Baumert et al. entwickelten das Messinstrument für zehnjährige Kinder und es wurde in einer Stichprobe von 531 Kindern aus den USA und Deutschland angewandt. Die interne Konsistenz der sechs Items wurde für die gesamte Population berechnet und wird mit $\alpha = .82$ angegeben (vgl. Baumert, Evans & Geiser, 1998, S. 999).

Eine Übersicht über die ursprünglichen Items des Tests von Baumert et al. und die für den Subtest *Zuversicht* übersetzten und ggf. umformulierten Items befinden sich im Anhang (siehe Anhang 3.4).

Subtest: Wertungen und Einstellungen

Um Wertungen und Einstellungen im Hinblick auf das eigene und fremde technische Wissen sowie die Bedeutung der Maschinen für die menschliche Arbeit zu messen, wurden folgende vier Items formuliert:

- Es ist wichtig, dass man weiß, wie etwas funktioniert.
- Werkzeuge und Geräte erleichtern die Arbeit.
- Es ist gut, dass es Menschen gibt, die sich mit Maschinen auskennen.
- Ohne Maschinen wäre man oft hilflos.

Das Antwortformat war eine vierstufige Likert-Skala (Stimmt genau – stimmt nur manchmal – stimmt eher nicht – stimmt überhaupt nicht).

Subtest: Interesse für technische Tätigkeiten (Freizeitwünsche)

Um zu erfahren, welchen technischen Tätigkeiten, falls überhaupt, Kinder gerne in ihrer Freizeit nachgehen würden, wurden folgende drei Items formuliert:

In meiner Freizeit würde ich gerne:

- in der Werkstatt etwas bauen,
- etwas reparieren,
- eine Maschine auseinander bauen, um zu sehen, wie sie funktioniert.

Das Antwortformat war eine dreistufige Likert-Skala, in der drei verschiedene Smileys wie folgt beschriftet wurden: ☺ ja – 😐 vielleicht – ☹ nein.

Subtest: Interesse für Berufe mit technischem Bezug

In diesem Subtest wurde den Kindern eine Auswahl von 15 Berufen vorgegeben.

Auf die Frage: „Wie interessant findest du diesen Beruf?“ konnten die Kinder folgende vier Möglichkeiten ankreuzen: überhaupt nicht interessant – interessant – sehr interessant – diesen Beruf kenne ich nicht.

Alle dargestellten Berufe waren sowohl mit einem Bild dargestellt, welches eine berufstypische Tätigkeit oder das Produkt der Tätigkeit darstellen sollte, als auch schriftlich mit Bezeichnungen für beiderlei Geschlechter benannt.

Bei der Auswahl der Bilder wurde darauf geachtet, dass es sich um möglichst geschlechtsneutrale Darstellungen handelt.

Bei den ausgewählten Berufen handelte sich um Berufe, welche als typisch technisch angesehen werden, und um Berufe aus dem sozialen, hauswirtschaftlichen oder landwirtschaftlichen Bereich, die sich dadurch auszeichnen, dass technische Kenntnisse wie das Bedienen der Maschinen wesentlicher Bestandteil der beruflichen Tätigkeiten sind (siehe Anhang 3.5).

4.1.2 Erfassung des technischen Wissens

Um die Vorerfahrungen der Kinder zu ermitteln, wurden die Kinder befragt, wie häufig sie bereits mit den aufgezählten Werkzeugen gearbeitet, die aufgezählten Maschinen bedient und mit den aufgelisteten Spielen gespielt haben.

Bei allen drei Fragen hatten die Kinder folgende Antwortmöglichkeiten zum Ankreuzen: „noch nie“ – „1- bis 3-mal“ – „mehr als 3-mal“. Die Werkzeuge, Maschinen und Spiele wurden schriftlich benannt, sowie durch eine Grafik veranschaulicht.

Subtest: Vorerfahrungen Werkzeuge

Bei den Werkzeugen wurde darauf geachtet, dass sowohl Werkzeuge aufgelistet wurden, welchen die Kinder in der Werkstatt, im Garten oder im Haushalt begegnet sein könnten. Bei der Bezeichnung der Werkzeuge wurde im Falle des Schraubendrehers die umgangssprachliche Variante, Schraubenzieher, aufgeführt.

Subtest: Vorerfahrungen Maschinen

Auch bei den Maschinen wurde darauf geachtet, dass Maschinen, welche sowohl in der Werkstatt als auch im Haushalt, im Garten oder in der Freizeit/Kommunikation zum Einsatz kommen können, aufgelistet wurden.

Subtest: Vorerfahrungen Spiele

Bei den Spielen wurden handelsübliche Spiele aufgelistet, mit denen die Kinder frei oder nach Plan bauen, technische Objekte bedienen oder technische Objekte veranschaulichen oder virtuell gestalten können.

Eine Übersicht über die zur Auswahl stehenden Werkzeuge, Maschinen und Spiele befindet sich im Anhang (siehe Anhang 3.6).

4.1.3 Erfassung von Basiskompetenzen: kognitive Fähigkeiten und technisches Verständnis

Subtest: Schlussfolgerndes Denken

Alle 15 Items zum schlussfolgernden Denken wurden dem von Heller und Geisler (1983) konzipierten *Kognitiven Fähigkeitstests für erste bis dritte Klassen (KFT 1-3)* übernommen. Der Subtest 3 des KFT 1-3 erfasst mit 15 Items die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken⁴³. Die Aufgaben bestehen aus einer Reihe von fünf Bildern. Die Kinder müssen entscheiden, was vier der Bilder gemeinsam haben, um dann das nicht dazu passende Bild anzukreuzen.

KFT 1-3 wurde für Schülerinnen und Schüler der Klassen eins bis drei konzipiert. Vergleichswerte der Eichstichprobe liegen somit für die Schüler der dritten, aber nicht der vierten Klasse vor. Da in der vorliegenden Studie auch einige Viertklässler (n = 46) teilnahmen ist damit zu rechnen, dass sich die Werte leicht verschieben, d. h. dass die Mittelwerte etwas höher liegen.

⁴³ Die repräsentative Eichstichprobe wurde 1978/79 mit 4592 Probanden durchgeführt. Für die vorliegende Studie ist die Itemanalyse für die Klasse drei relevant. Die Trennschärfe für den Untertest Schlussfolgerndes Denken wird mit .38 und die Itemschwierigkeit mit .78 angegeben (vgl. Heller und Geisler, 1983, S. 6). Die interne Konsistenz der Testaufgaben wurde mit der Kuder-Richardson-Formel 20 berechnet und wird für die Klasse 3 mit .56 angegeben. Heller und Geisler führen in Anlehnung an Lienert auf, dass die Homogenität der Testaufgaben nur insofern gefordert ist, „als dadurch die Komplexität der Aufgaben und ihre praktische Validität nicht leiden“ Heller und Geisler (1983, S. 8) und bezeichnen die Testaufgaben als „eher heterogen“ Heller und Geisler (1983, S. 8). In der Eichstichprobe erreichten Mädchen in der dritten Klasse im Subtest Schlussfolgerndes Denken bessere Testergebnisse als die Jungen. Die Ergebnisse unterscheiden sich zwar nur gering, aber der Unterschied ist mit $p = .01$ signifikant (vgl. Heller und Geisler, 1983, S. 12f.). Die Autoren gehen davon aus, dass der Subtest Schlussfolgerndes Denken von kulturellen Vorerfahrungen durch Schule und Elternhaus in einem geringeren Maße abhängig ist als die anderen Subtests.

Subtest: Technisches Verständnis

Geeignete Testinstrumente zur Erfassung des technischen Verständnisses in der Grundschule sind nicht bekannt. Vorhandene Tests wie MTVT (Lienert, 1958, 1964) und PTV (Amthauer, 1972) sind über vierzig Jahre alt. Die Zielgruppe sind bei beiden Tests allerdings Jugendliche und Erwachsene. Zu prüfen war, ob sich die Art der Aufgaben, Grundschule eignet. Dazu sind vorab einige Anmerkungen erforderlich:

- a. Es ist durchaus diskussionswürdig, ob sich das technische Verständnis durch schriftliche Tests erfassen lässt. Dieser Umstand wurde bereits von Amthauer kontrovers diskutiert (vgl. Amthauer, 1972, S. 5 ff.).
- b. Der PTV wurde als ein Test konzipiert, der als Ergänzung und im Anschluss an die Ermittlung von Intelligenz-Struktur und -Niveau seine Anwendung findet und als Beratungshilfe bei der Aus- und Weiterbildung dienen könnte (vgl. Amthauer, 1972, S. 8). Diese Zielorientierung erklärt auch die Wahl der Aufgaben, welche verschiedenen Bereichen der Technik zuzuordnen sind (vgl. Amthauer, 1972, S. 6–8).
- c. Die Aufgaben des PTV sind lösbar durch Beobachtung, Kenntnis und Erfahrung oder durch Kenntnis der physikalischen Gesetzmäßigkeiten (vgl. Amthauer, 1972, S. 13). Es wurden Aufgaben ausgewählt, von denen angenommen wird, dass Kinder bereits über Erfahrungen und Beobachtungen im Alltag verfügen, welche zur Lösung der Aufgabe notwendig sind. Allerdings ist in der Grundschule davon auszugehen, dass diese Erfahrungen kaum bewusst und reflektiert von den Kindern wahrgenommen werden und sie die Kenntnisse, die in diesem Bereich vorhanden sind, noch nicht entsprechend vernetzen können.

Die Items des Subtests *Technisches Verständnis* sind im Anhang dargestellt (siehe Anhang 3.7).

4.1.4 Gütekriterien*Objektivität*

Die Objektivität eines Tests ist dann gegeben, wenn die Testergebnisse vom Testanwender unabhängig sind (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 195).

Für die Durchführung der Tests (Vorerhebung) wurden detaillierte schriftliche Anweisungen verfasst, die den mit der Durchführung beauftragten Personen vorlagen. Damit konnten Variationen während der Testdurchführung weitgehend ausgeschlossen werden, was eine weitgehende Standardisierung der Untersuchungssituation gewährleistete. Die Auswertungsobjektivität war dadurch gegeben, dass die Auswahlantworten und die numerischen Kodierungen im Vorfeld schriftlich fixiert worden waren.

Die Interpretationsobjektivität ist dadurch gegeben, dass die Interpretation der Daten theoriegeleitet erfolgt. Bei einigen Testteilen ist darüber hinaus Orientierung an Vergleichsdaten möglich, die anhand repräsentativer Stichproben erhoben wurden.

Reliabilität

Die Reliabilität gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem das geprüfte Merkmal gemessen wird.

Die Berechnung der internen Konsistenz erfolgte mit Cronbachs Alpha (siehe Anhang 3.8). Für den Gesamttest (Voruntersuchung) beträgt $\alpha = .844$. Die Berechnung der internen Konsistenz für die einzelnen Zieldimensionen ergab folgende Werte:

- Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ ergab $\alpha = .781$
- Zieldimension „Technisches Wissen“ ergab $\alpha = .819$
- Zieldimension „Übergreifende Basiskompetenzen“ $\alpha = .554$

Für die Berechnung der Reliabilität wurden Items aus den Bereichen Zuversicht, Wertungen und Einstellungen umcodiert, damit gleiche Polung gewährleistet werden konnte.

Für die Zieldimension „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“ weist Cronbachs Alpha mit $.78$ auf eine ausreichende Reliabilität des Testkonstrukts hin. Einige Items mit einem geringeren Trennschärfekoeffizienten als $.2$ wurden trotz der geringen Varianz in der Skala beibehalten. Der Grund für die geringe Varianz liegt bei drei Items aus dem Bereich Wertungen und Einstellungen in der großen Zustimmung der Kinder zu folgenden Aussagen:

- „Es ist wichtig, dass man weiß, wie etwas funktioniert.“
- „Es ist gut, dass es Menschen gibt, die sich mit Maschinen auskennen.“ und
- „Ohne Maschinen wäre man oft hilflos.“

Auch in der Zieldimension „*Technisches Wissen*“ weist Cronbachs Alpha mit $.819$ auf eine ausreichende Reliabilität hin. Bei den Vorerhebungen mit Maschinen und Spielzeugen gibt es bei einigen Variablen wie Fotoapparat, Computer, Lego und Playmobil geringe Variation, was sich negativ auf die Reliabilität auswirkt. Dennoch wird es nicht als sinnvoll erachtet, diese Items zugunsten der Reliabilität zu entfernen, da sie das Maß der Erfahrungen, welche die Kinder mit den genannten Gegenständen machen,

verdeutlichen: Die große Mehrheit der Kinder in diesem Alter verfügt über vielfältige Erfahrungen mit Fotoapparat, Computer, Lego und Playmobil.

In der Zieldimension „*Übergreifende Basiskompetenzen*“ erweisen sich die Reliabilitätswerte mit .554 als niedrig (in SPSS erfolgt die Berechnung der internen Konsistenz für dichotome Daten nach der Kuder-Richardson-Formel 20 (vgl. Bühl, 2012, S. 583). Betrachtet man die einzelnen Skalen des Testkonstrukts getrennt, so ergibt sich für die Skala *Schlussfolgerndes Denken* ein Wert für die interne Konsistenz von .534. Alle Items in diesem Bereich wurden dem KFT 1-3 entnommen. Im KFT 1-3 führen Heller und Geisler einen Reliabilitätswert von .56 für die Stichprobe der Drittklässler auf (vgl. Heller & Geisler, 1983, S. 8). Berechnet man hier (in der vorliegenden Studie) den Reliabilitätswert für Drittklässler, so ergibt sich ein Wert von .575. Somit entsprechen die erreichten Reliabilitätswerte den Werten des KFT 1-3. Lienert weist darauf hin, dass für die Beurteilung von Gruppendifferenzen Tests mit einer Konsistenz von $\geq .5$ verwendbar sind (vgl. Lienert, 1969, S. 309).

Für die Skala *Technisches Verständnis* wurden vier Items aus dem MVT und ein Item aus dem PTV übernommen. Ein weiteres Item wurde zusätzlich formuliert. Mit .194 erweist sich die interne Konsistenz als nicht annehmbar. Der Grund für diese niedrigen Werte liegt wahrscheinlich im Schwierigkeitsgrad der Aufgaben. Bereits bei der Beschreibung der Messinstrumente wurde darauf hingewiesen, dass sich dieser Test aus verschiedenen Gründen als nicht geeignet erweisen könnte. Die Ergebnisse bestätigen diese Vermutung.

30% der Kinder beantworten lediglich zwei von sechs Aufgaben richtig und weniger als 30% erreichen mindestens vier von maximal möglichen sechs Punkten. Dies deutet darauf hin, dass die ausgewählten Aufgaben des MVT und des PTV für diese Altersgruppe nicht geeignet sind. Die Summenvariable *Technisches Verständnis* wurde daher nicht als Kontrollvariable einbezogen.

Validität

Die Validität gibt an, ob ein Test das misst, was er messen soll.

Interne Validität ist dann gegeben, wenn die Daten eindeutig interpretierbar sind, d. h. wenn Alternativerklärungen ausgeschlossen werden können (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 57).

Durch die Standardisierung der Untersuchungsbedingungen wurde versucht, den Einfluss möglicher Störvariablen zu reduzieren. Die Vorerhebung wurde an Schulen

durchgeführt, unter alltäglichen Schulbedingungen. Da es sich dabei um einen Papier- und-Bleistift-Test handelte, konnten die möglichen Störfaktoren weitgehend reduziert werden.

Übereinstimmungsvalidität

Einzelne Subtests der zu erfassenden Zieldimensionen auf Ebene der Kinder sind in der Vorerhebung ganz oder teilweise standardisierten Tests entnommen oder wurden in Anlehnung an die bestehenden Tests entwickelt, deren Validität als hinreichend betrachtet wird.

Für die Subtests, welche für die aktuelle Studie neu entwickelt wurden, konnten keine Vergleichstests herangezogen werden, welche die *äußere Kriteriumsvalidität* des Tests hätten untermauern können. Die sonst häufig verwendeten Vergleichswerte wie Leistungseinschätzungen der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrerinnen und Lehrer oder Zeugnisnoten kamen aufgrund des mangelnden konzeptuellen Zusammenhangs hier nicht in Frage. Es ist nicht anzunehmen, dass die Subtests *Wertungen und Einstellungen*, *Interesse für technische Tätigkeiten* und *Interesse für technische Berufe* mit Schulnoten der Fächer in der Grundschule in einem Zusammenhang stehen. *Konstruktvalidität* wird als gegeben betrachtet, da die Entwicklung der Items theoriegeleitet erfolgte.

4.2 Messinstrumente der Hauptuntersuchung

Folgende **manifeste** Merkmale wurden in der Hauptuntersuchung erhoben:

- Materialsystem, welches den Kindern zur Verfügung stand
- Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“
 - a. Beschreibung der Entwürfe:
 - ◆ Enthält die Zeichnung Hinweise auf den Wirkmechanismus, Befestigungen und weitere Mechanismen
 - ◆ Art des Wirkmechanismus
 - ◆ Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus
 - b. Beschreibung der Objekte:
 - ◆ Art des Wirkmechanismus des Objekts
 - ◆ Übereinstimmung des Wirkmechanismus zwischen dem Entwurf und Objekt
 - ◆ Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus
 - ◆ Funktionalität des Objekts

Zu folgenden Zieldimensionen wurden **latente** Merkmale in der Hauptuntersuchung erhoben:

- „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“,
- „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ und
- „Technische Kreativität“

Tabelle 18 gibt die Struktur latenter Variablen der Hauptuntersuchung mit den Subtests und der Anzahl der Items wieder.

Zieldimension	Name des Subtests	Anzahl der Items
Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	Aktuelle Motivation	10
Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten	Problemlösefähigkeit	17
Technische Kreativität	Kreatives Verhalten	6

Tabelle 18: Latente Variablen der Hauptuntersuchung

4.2.1 Erfassung motivationaler und emotionaler Aspekte im Umgang mit Technik

Subtest: Aktuelle Motivation

Für den Subtest Aktuelle Motivation wurden zehn Items des Fragebogens zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (FAM) von Rheinberg, Vollmeyer und Burns (vgl. Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) übernommen. Einige davon wurden etwas umformuliert, damit sie der Altersstufe sprachlich angepasst wurden.

Der FAM basiert auf der Annahme, dass sich Verhaltenstendenzen nicht nur aus der Wechselwirkung zwischen den Person- und Situationsfaktoren ergeben, sondern dass vielmehr die aktuelle Motivation, die aus der Wechselwirkung der potenziellen Anreize einer Situation und der überdauernden hochgeneralisierten Personenfaktoren resultiert, direkte Auswirkung auf das Verhalten hat (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 3). Rheinberg et al. folgern, dass man ohne genaue Kenntnis der Situation und ihrer potenziellen Anreize kaum die Wirkung des Personenfaktors *Motiv* in Motivation und Leistung prognostizieren kann (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 4). Der FAM erfasst vier verschiedene Komponenten der aktuellen Motivation: Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung.

Der Fragebogen wurde für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II und Studierende entwickelt. Der Test besteht aus 18 Items und liegt in einer deutschen und einer amerikanischen Fassung vor. Das Antwortformat besteht aus einer siebenstufigen Likert-Skala (trifft nicht zu (1) bis trifft zu (7)).

Der FAM wurde bei verschiedenen Aufgaben und in verschiedenen Stichproben eingesetzt. Bei verschiedenen Aufgabentypen und verschiedenen Stichproben lagen die Konsistenzkoeffizienten zwischen $\alpha = .66$ und $\alpha = .90$. Die Autoren betrachten die Konsistenz der Skala als hinreichend (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 6).

Der Fragebogen begann mit folgender Aufgabenstellung, die dem FAM entnommen wurde:

„Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der Aufgabe ist. Dazu findest du auf dieser Seite Aussagen. Kreuze bitte jene Zahl an, die auf dich am besten passt.“

Eine Übersicht über die ursprünglichen Items aus FAM und die z. T. umformulierten Items des Subtests Aktuelle Motivation befindet sich im Anhang (siehe Anhang 3.11).

4.2.2 Erfassung des Denkens und Vorgehens im Umgang mit technischen Sachverhalten

Beschreibung der Entwürfe

Die Kinder bekamen DIN-A4-Karten, auf denen sie ihre ersten Entwürfe zeichnen sollten. Anhand der Zeichnung war ersichtlich:

- ob die Zeichnung Hinweise auf den Wirkmechanismus, Befestigungen und weitere Mechanismen enthält,
- Art des Wirkmechanismus,
- Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus.

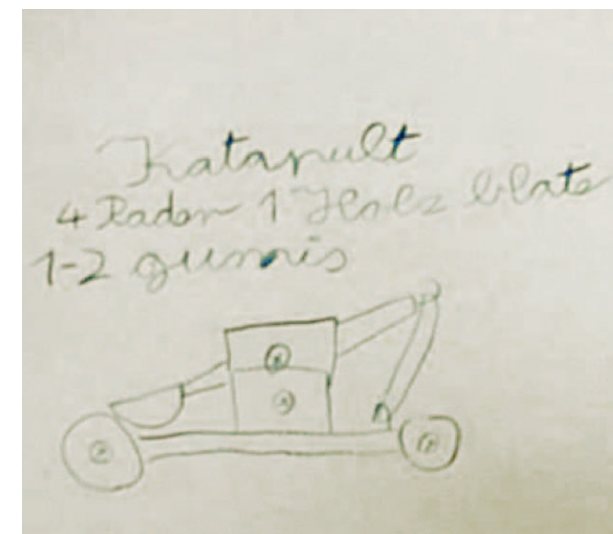


Abbildung 3: Entwurf einer Wurfmaschine
Abbildung 3 veranschaulicht beispielhaft einen Entwurf

Zusätzlich wurden die Anmerkungen der Kinder notiert, welche zu den Entwürfen eine Frage oder Anmerkung hatten. Auf dem Skizzenblatt befand sich das Feld „Wer möchte zu meiner Idee etwas sagen?“. Dort klebten Kinder Aufkleber auf, auf denen ihre Codennummer notiert war. Stellte das Kind eine Frage, notierte die Gruppenleitung, was das Interesse des Kindes weckte. Für die Kodierung der Fragen wurde im Vorfeld eine Liste erstellt, die der Versuchsleiterin bzw. dem Versuchsleiter vorlag (siehe Anhang 3.9).

Beschreibung der Objekte

Nach der Fertigstellung wurden die Gummibärchenwurfmaschinen mit der Codennummer des Kindes versehen und eingesammelt. Anhand der Objekte wurden folgende Daten gesammelt:

- Art des Wirkmechanismus des Objekts
- Übereinstimmung des Wirkmechanismus zwischen dem Entwurf und Objekt
- Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus
- Funktionalität des Objekts

Für die Bestimmung des Wirkmechanismus und des Schwierigkeitsgrads des Objekts wurden dieselben Kodierungen verwendet wie bei den Entwürfen. Ferner wurde erfasst, ob die Wirkmechanismen der Entwürfe mit denen der fertigen Objekte übereinstimmten (Kodierung: nicht übereinstimmend – übereinstimmend) Die Funktionalität des Objekts wurde anhand der Entfernung gemessen, welche das Gummibärchen beim Betätigen der Maschine zurücklegte.

Folgende Kategorien waren vorgesehen:

- 0 = mangelhaft: Die Gummibärchenwurfmaschine funktionierte nicht.
- 1 = befriedigend: Das Gummibärchen flog bis zu einem Meter weit oder hoch.
- 2 = gut: Das Gummibärchen flog bis zu zwei Meter weit oder hoch.
- 3 = sehr gut: Das Gummibärchen flog mehr als zwei Meter weit oder hoch.

4.2.3 Erfassung technischer Denk- und Handlungsweisen innerhalb des Design Process

Subtest: Problemlösefähigkeit

Die Erfassung der Problemlösefähigkeit umfasste die Fähigkeit, Probleme zu erkennen, und die Fähigkeit, Probleme zu lösen.

Wie im Abschnitt 4.4.2. zum Ablauf der Hauptuntersuchung bereits dargelegt, wurden die Kinder während der Bauphase von den Betreuerinnen und Betreuern beobachtet.

Diese notierten sich auf dem Beobachtungsbogen (siehe Anhang 3.12) den Code der Schülerinnen und Schüler, welche verbal ein Problem äußerten oder durch ihr Verhalten zu verstehen gaben, dass sie sich mit einem Problem befassen (graue Spalten). Die Betreuerinnen und Betreuer notierten die Lösung des Problems und den Code der Schülerinnen und Schüler, welche zur Problemlösung beitrugen (weiße Spalten). In der zweiten Bauphase, welche nach einer Pause und nach dem Ausfüllen des Fragebogens zur Erfassung der aktuellen Motivation erfolgte, bekamen die Betreuerinnen und Betreuer einen identischen Beobachtungsbogen.

Die erhobenen Merkmale wurden für die erste und für die zweite Bauphase durch folgende Variablen erfasst:

- a. Anzahl der Probleme
- b. Anzahl der selbstgelösten Probleme
- c. Art des Problems: Stabilität, Material, Befestigung, Bearbeitung, Wirkmechanismus, Arbeit mit Werkzeugen und Maschinen, organisatorische Probleme und sonstige Probleme.
- d. Anzahl selbstgelöster Probleme
- e. Art der Problemlösung: Konstruktionsänderung, alternative Materialien, alternative Befestigungen, Bearbeitung des Materials, sinnvoller Werkzeuggebrauch, Hilfe durch Betreuerinnen und Betreuer.

Die Rater notierten stets die Anzahl der jeweiligen Problemmerkmale.

4.2.4 Erfassung technischer Kreativität

Subtest: Kreatives Verhalten

Der Subtest *Kreatives Verhalten* wurde in Anlehnung an die von Heller und Perleth entwickelte *Checkliste zur Kreativität* erstellt, die Bestandteil der Testbatterie zur Feststellung von Hochbegabung ist (vgl. Heller & Perleth, 2007, S. 60). Die Checkliste zur Kreativität von Heller und Perleth diente der (Grob-)Einschätzung der Kreativität durch Lehrkräfte. Dabei wurden folgende Merkmalsdimensionen formuliert:

- Neugier, Wissbegier
- Einfallsreichtum, Fantasie, Vorstellungsgabe, Denken in Alternativen
- schöpferisches und erfinderisches Denken
- Originalität, Ausschau nach ungewöhnlichen Lösungen
- Flexibilität im Denken, geistige Wendigkeit, ein Problem aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten
- Eigenständigkeit und Unabhängigkeit im Denken und Urteilen

- vom Interesse gesteuertes selbstständiges Auseinandersetzen mit Aufgaben
- Vielzahl der Interessen
- Beständigkeit von Interessen (vgl. Heller & Perleth, 2007, S. 125).

Die Lehrkräfte wurden gebeten, auf einer Ratingskala von 1 bis 3 (1 = die besten 5%, 2 = die besten 10%, 3 = nicht unter den besten 10%) die beobachteten Merkmale bei den Schülerinnen und Schülern zu schätzen, wobei es zur Einschätzung genügte, wenn sich die Schülerinnen und Schüler in einigen der Merkmalsdimensionen auszeichneten (vgl. Heller & Perleth, 2007, S. 125).

Bei Heller und Perleth basiert das Rating der Lehrkräfte auf einer langfristigen Beobachtung der Schülerinnen und Schüler. In der aktuellen Studie wurden dagegen die Kinder während einer konkreten Situation, in der sie als „Erfinder“ tätig waren, von den Betreuerinnen und Betreuern beobachtet. Diese Situation war zeitlich auf drei Zeitstunden begrenzt und den Beobachtenden waren die Kinder fremd, d. h. auf die Einschätzung der Rater hatte lediglich das Verhalten des Kinder innerhalb der konkreten Situation einen Einfluss. Unter Berücksichtigung dieser konkreten Situation wurden für die aktuelle Studie folgende Aspekte des kreativen Verhaltens als beobachtbar angesehen: Ausdauer, Originalität, Zielstrebigkeit, geistige Wendigkeit/Flexibilität, Interesse für das Geschehen in der Gruppe und aktive Beteiligung an der Problemlösung anderer (siehe Anhang 3.13).

Die Betreuerinnen und Betreuer wurden gebeten, auf einer Skala von 1 (gering ausgeprägt) bis 4 (stark ausgeprägt) die Ausprägung der genannten Persönlichkeitsaspekte einzuschätzen. Der Fragebogen wurde von den Betreuerinnen und Betreuern am Ende der Unterrichtseinheit ausgefüllt, nachdem sie die Kinder drei Zeitstunden bei ihrer Arbeit beobachtet hatten. Die Betreuerinnen und Betreuer beobachteten maximal vier Kinder.

4.2.5 Gütekriterien

Objektivität

Die Objektivität sollte dadurch gewährleistet werden, dass die Bedingungen bei der Durchführung der Hauptuntersuchung bei allen Gruppen möglichst konstant gehalten wurden. Dies sollte durch einen detaillierten Ablaufplan, durch Schulung der Gruppenleiter und eine möglichst vergleichbare Gestaltung der Unterrichtsbedingungen in den einzelnen Gruppen erreicht werden. Die Betreuerinnen und Betreuer wurden im Vorfeld geschult. Sie beobachteten die Kinder bei der Arbeit und halfen, falls sie danach gefragt wurden (z. B. etwas halten, Materialien ausgeben). Falls sie den Kindern auch inhaltlich halfen (z. B. bei der Problemlösung), wurden diese Daten erhoben (Hil-

fe durch Betreuerinnen und Betreuer). Die Auswertung der Daten erfolgte nach einem Codeplan, und zwar durch geschulte Rater, welche die Daten zu zweit auswerteten.

Reliabilität

Für den Gesamttest (Hauptuntersuchung) beträgt $\alpha = .666$.

Die Berechnung der internen Konsistenz für einzelne Bereiche ergab folgende Werte:

- Subtest *Aktuelle Motivation* ergab $\alpha = .552$
- Subtest *Problemlösefähigkeit* ergab $\alpha = .729$
- Subtest *Kreatives Verhalten* ergab $\alpha = .747$

Die niedrigen Werte der internen Konsistenz beim Subtest *Aktuelle Motivation* lassen sich durch die Tatsache erklären, dass der Test von 18 auf nur 10 Items verkürzt wurde und die Antwortskala von einer siebenstufigen Skala auf eine fünfstufige reduziert wurde.

Die einzelnen Komponenten des Konstrukts *Aktuelle Motivation* decken einen breiten Bereich⁴⁴ ab, was die geringe interne Konsistenz erklärt.

Drei Faktoren – *Herausforderung*, *Erfolgswahrscheinlichkeit* und *Misserfolgsbefürchtung* – sind leistungs- und kompetenzthematisch, während der Faktor *Interesse* das Interesse an der Sache erfasst, also themenorientiert ist (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 5). Die einzelnen Items können somit als eher heterogen betrachtet werden. Außerdem besteht, wie bereits von Rheinberg et al. angemerkt, bei beiden erfolgsbezogenen Faktoren – *Erfolgswahrscheinlichkeit* und *Herausforderung* – kein linearer Zusammenhang (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 6).

Aus diesem Grunde scheint es sinnvoll zu überprüfen, inwiefern die einzelnen Items mit der Skala der einzelnen Komponenten korrelieren. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Items hoch mit den jeweiligen Skalen korrelieren und alle Korrelationen sich als höchst signifikant erweisen (siehe Anhang 3.15). Diese Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Items innerhalb der Skala homogen sind. Die Messgenauigkeit der Items wird somit als hinreichend angesehen.

Validität

Inhaltsvalidität sollte dadurch gewährleistet werden, dass die Entwicklung der Messinstrumente theoriegeleitet erfolgte.

⁴⁴ D. h. sie messen nicht dieselbe Eigenschaft, sondern verschiedene Eigenschaften des Konstrukts *Aktuelle Motivation*.

5. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt mit SPSS. Die Daten wurden entsprechend der vorgesehenen Codierung erfasst.

5.1 Vorerhebung

Die Daten, welche in der Vorerhebung erhoben wurden, dienen der Beschreibung der Stichprobe.

Bei der statistischen Auswertung der Daten wurde untersucht, ob das Alter und das Geschlecht in einem Zusammenhang mit der Ausprägung der Merkmale der Zieldimensionen stehen.

Innerhalb der Zieldimensionen wurden die einzelnen Items zu Summenvariablen zusammengefasst. Eine Übersicht über die Berechnung der Summenvariablen befindet sich im Anhang (siehe Anhang 3.16).

5.2 Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurden abhängige Variablen definiert zu den Zieldimensionen „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“, „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ und „*Technische Kreativität*“. Im Fokus der Studie steht dabei die Frage, ob die Ausprägung der beobachteten Merkmale in einem Zusammenhang mit der Wahl des Materialsystems steht. Da sowohl das Alter als auch das Geschlecht in einem Zusammenhang mit den beobachteten Merkmalen stehen könnten, wird dieser Zusammenhang ebenfalls untersucht. Eine Übersicht über die definierten Variablen der Hauptuntersuchung befindet sich im Anhang (siehe Anhang 3.17).

5.2.1 Variablen des Zielaspekts „Aktuelle Motivation“

Das Messinstrument zur Erfassung der *Aktuellen Motivation* umfasst vier Faktoren, welche als abhängige Variablen definiert werden.

Die Definition einer Summenvariable *Aktuelle Motivation* wird für die Analyse der Gruppenunterschiede nicht als sinnvoll betrachtet, da – wie aus der Reliabilitätsanalyse hervorging – die einzelnen Faktoren nicht homogen sind. Lediglich für die Analyse der Extremgruppen und für die Methode der kategorialen Regression wird die Summenvariable *Aktuelle Motivation* gebildet, die in fünf Kategorien eingeteilt wird.

5.2.2 Variablen des Zielaspekts „Technische Denk- und Handlungsweisen“

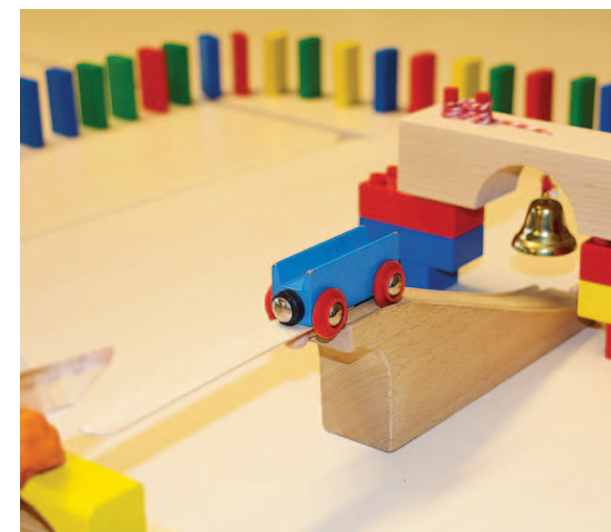
Die Zieldimension „*Technische Denk- und Handlungsweisen*“ bezieht sich auf die Komponenten des *Design Process*, welche bei der Planung der Entwürfe und bei der Herstellung der Objekte von entscheidender Bedeutung sind.

Sowohl die *Eigenschaften der Entwürfe* als auch die *Eigenschaften der Objekte* sind als manifeste Merkmale beobachtbar, während die Problemlösefähigkeit und das während des *Design Process* beobachtbare, kreative Verhalten latente Merkmale sind. Diese Merkmale werden als abhängige Variablen definiert. Untersucht wird, ob ein Zusammenhang zwischen der Wahl des Materialsystems und der Ausprägung dieser Merkmale besteht. Da hier ebenfalls das Alter und das Geschlecht möglicherweise einen Einfluss haben, wurde auch diesbezüglich ein eventueller Zusammenhang untersucht.

5.2.3 Variablen des Zielaspekts „Kreatives Verhalten“

Das kreative Verhalten der Kinder wurde erfasst mit einem Beobachtungsbogen für die Betreuer zur Erfassung der kreativen Persönlichkeitsaspekte, welche sich durch das beobachtbare Verhalten äußern.

Die Summenvariable wurde definiert als Summe der ordinalskalierten Itemwerte der Skala *Kreatives Verhalten*.



5.3 Wahl der statistischen Verfahren

Welche statistischen Verfahren in Betracht kommen, hängt von den Voraussetzungen ab, die erfüllt sein müssen, damit ein Testverfahren angewandt werden kann.

Folgende Auswertungsverfahren kommen zur Auswertung der Daten in Betracht:

1. Häufigkeitsverteilungen

- Zur deskriptiven Beschreibung der Stichprobe werden die Häufigkeiten berechnet.
- Zur Überprüfung der Verteilungsform auf Normalverteilung wird der Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt (vgl. Bühl, 2012, S. 402; Leonhart, 2009, S. 228).
- Chi-Quadrat-Test zur Überprüfung der Unabhängigkeit zweier Variablen.

2. Maße der Zentralen Tendenz

- Bei nominalskalierten Daten ist nur die Berechnung des Modalwerts möglich.
- Bei ordinalskalierten Daten kommen Modalwert und Median in Betracht.
- Bei intervallskalierten Daten können zusätzlich das Arithmetische Mittel und die Varianz berechnet werden (vgl. Leonhart, 2009, S. 29).

3. Parametrische Testverfahren setzen eine Normalverteilung voraus.

Darüber hinaus müssen die Daten intervallskaliert sein (vgl. Leonhart, 2009, S. 187). Lediglich drei Variablen der Hauptuntersuchung sind metrisch. Sie werden auf die Verteilungsform überprüft. Im Falle einer Normalverteilung kommt die Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) zum Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben in Betracht (vgl. Bühl, 2012, S. 370f).

4. Nichtparametrische Testverfahren

Nichtparametrische Testverfahren setzen keine Anforderungen an die Verteilungsform voraus.

- Bei Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben, wie das der Fall beim Geschlecht ist, kommen folgende Testverfahren in Betracht:
 - ◆ Bei nominalskalierten Daten der Vierfelder- χ^2 -Test (Chi-Quadrat-Test). Dieser Test setzt voraus, dass maximal 20% der Felder der Kreuztabelle eine erwartete Häufigkeit von < 5 aufweisen. Außerdem müssen die Zellen und Spaltensummen größer als null sein (vgl. Bühl, 2012, S. 301; Leonhart, 2009, S. 207).
 - ◆ Bei ordinalskalierten Daten wird der U-Test von Mann-Whitney angewendet (vgl. Bühl, 2012, S. 282f; Leonhart, 2009, S. 217).

- Beim Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben (Materialsystem und Alter) wird bei ordinalskalierten Daten
 - ◆ der H-Test von Kruskal und Wallis angewandt (vgl. Leonhart, 2009, S. 223f),
 - ◆ der Chi-Quadrat-Test durchgeführt.

5. Weitere mögliche Messverfahren:

- Die Varianzanalyse ist gebunden an eine Reihe von Bedingungen, welche zuerst überprüft werden müssen:
 - ◆ mindestens Normalskalenniveau und Normalverteilung innerhalb der Stichproben der abhängigen Variablen,
 - ◆ mindestens 20 Elemente pro Stichprobe,
 - ◆ ähnlich stark besetzte Gruppen,
 - ◆ Varianzhomogenität der abhängigen Variablen zwischen den Stichproben (vgl. Leonhart, 2009, S. 342).

6. Kategoriale Regression: nominal- oder ordinalskalierte abhängige Variablen

6. Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Vorerhebung

6.1.1 Zieldimension: Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Es wird der Frage nachgegangen, ob sich die Ausprägung folgender Merkmale im Hinblick auf Geschlecht und Alter unterscheidet:

- Zuversicht
- Wertungen und Einstellungen
- Interesse für technische Tätigkeiten
- Interesse für Berufe mit technischem Bezug

Ergebnisse des Subtests: Zuversicht

Der Median der Jungen ist höher als der der Mädchen. Zwischen den Altersgruppen sind die Unterschiede lediglich zwischen den neun- und zehnjährigen Kindern festzustellen (siehe Anhang 3.18, Tabelle 63). Mit dem Mann-Whitney-Test wurden die mittleren Ränge zwischen den Geschlechtern verglichen. Die Ergebnisse weisen einen höchst signifikanten Unterschied ($p = .000$) der mittleren Ränge zwischen den Geschlechtern aus. Der Vergleich der mittleren Ränge zwischen den Altersgruppen, welcher mit dem Kruskal-Wallis-Test durchgeführt wurde, zeigt, dass sich die mittleren Ränge zwischen den Altersgruppen nicht signifikant unterscheiden.

Ergebnisse des Subtests: Wertungen und Einstellungen

Die Mediane der Variable *Wertungen* weisen weder zwischen den verschiedenen Altersgruppen noch zwischen den Geschlechtern Unterschiede auf (siehe Anhang 3.18; Tabelle 64). Der Mann-Whitney-Test weist die Unterschiede der mittleren Ränge zwischen den Geschlechtern als nicht signifikant aus. Auch der Kruskal-Wallis-Test weist die Unterschiede zwischen den mittleren Rängen der Altersgruppen als nicht signifikant aus.

Ergebnisse des Subtests: Interesse für technische Tätigkeiten

Der Median der jeweiligen Geschlechtsgruppierungen sind identisch. Auch die Mediane der Altersgruppen unterscheiden sich nicht. Ein Vergleich der mittleren Ränge mit dem Mann-Whitney-Test zeigt, dass die Unterschiede zwischen den Geschlechtern nicht signifikant sind. Ebenfalls weist der Kruskal-Wallis-Test die Unterschiede zwischen den mittleren Rängen der Altersgruppen als nicht signifikant aus.

Ergebnisse des Subtests: Interesse für Berufe mit technischem Bezug

Vergleicht man die Mediane zwischen den Geschlechtern, so ist im Hinblick auf das Interesse für Berufe mit technischem Bezug bei den Mädchen ein höherer Median festzustellen als bei den Jungen (siehe Anhang 3.18; Tabelle 66). Der Mann-Whitney-Test weist die Unterschiede zwischen den Rängen als nicht signifikant aus.

Bei der Altersgruppe der zehnjährigen Kinder ist gegenüber den neun- und achtjährigen Kindern ein höherer Median festzustellen (siehe Anhang 3.18; Tabelle 66). Ein Vergleich der mittleren Ränge weist zwischen den Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede auf.

6.1.2 Zieldimension: Übergreifende Basiskompetenzen

In der Voruntersuchung wurden die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken und das technische Verständnis der Kinder erhoben. Da der Subtest zur Messung des technischen Verständnisses nicht über eine ausreichende Reliabilität verfügte, wurde er aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Ergebnisse des Subtests: Schlussfolgerndes Denken

Alle Mediane der Altersgruppen wurden mit einem Wert von 14.00 ausgewiesen. Allerdings ist mit zunehmendem Alter eine Abnahme der Spannweite festzustellen (siehe Anhang 3.18; Tabelle 67). Der Kruskal-Wallis-Test weist die Unterschiede zwischen den Rängen als nicht signifikant aus.

Der Median bei den Jungen fällt mit einem Wert von 13.00 etwas niedriger aus als bei den Mädchen (14.00) allerdings erweisen sich diese Unterschiede mit dem Median-Test als nicht signifikant.

6.1.3 Zieldimension: Technisches Wissen

Ergebnisse: Vorerfahrungen

In der Voruntersuchung wurden die Erfahrungen der Kinder mit Werkzeugen, Maschinen und Spielen erhoben. Für beide Gruppen wurde der Median berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Gruppe der Jungen deutlich von der der Mädchen unterscheidet. Die Jungen geben an, mit den Werkzeugen und mit den Spielen deutlich häufiger Erfahrungen gesammelt zu haben als die Mädchen. Der Mediantest weist diese Unterschiede als höchst signifikant aus ($p = .000$). Im Umgang mit Maschinen wird für beide Gruppen ein Median mit dem identischen Wert angegeben.

Der Mediantest weist die Unterschiede zwischen den Altersgruppen nur bei Vorerfahrungen mit Maschinen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = .034$ als signifikant aus. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen bei Vorerfahrungen mit Werkzeugen und Spielen werden dagegen als nicht signifikant angegeben. Allerdings wird in der Literatur der Median-Test als nicht besonders effizient angesehen (vgl. Bühl, 2012, S. 379). Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests weisen bei allen drei Variablen die Unterschiede zwischen den Altersgruppen als nicht signifikant aus⁴⁵.

6.1.4 Zusammenfassender Vergleich zwischen den Geschlechts- und Altersgruppen

Im Folgenden soll überprüft werden, ob zwischen den Jungen und Mädchen Unterschiede in der Ausprägung der Merkmale der Zieldimensionen bestehen, die mit den Summenvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte*, *Schlussfolgerndes Denken* und *Vorerfahrungen* erfasst wurden. Im zweiten Schritt soll dann überprüft werden, ob zwischen den Altersgruppen Unterschiede in diesen Summenvariablen bestehen. Der Mann-Whitney-Test vergleicht die Ränge der beiden Stichproben (männlich, weiblich) (siehe Anhang 3.18; Tabelle 68). Der mittlere Rang der Mädchen in der Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ liegt niedriger als derjenige der Jungen. Dieser Unterschied wird allerdings als nicht signifikant ausgewiesen. Dagegen schätzen die Jungen die Häufigkeit ihrer Vorerfahrungen höher ein als die Mädchen. Dieser Unterschied gilt mit $p = .000$ als höchst signifikant. Ebenso als nicht signifikant werden die Unterschiede in der Ausprägung des Merkmals *Schlussfolgerndes Denken* verzeichnet.

Die Daten der Zieldimension *Vorerfahrungen*, in denen es zwischen den Jungen und Mädchen Unterschiede gibt, werden im Folgenden detaillierter vorgestellt.

Vergleich zwischen den Geschlechtern: Vorerfahrungen

Die im Mann-Whitney-Test als höchst signifikant ausgewiesenen Unterschiede in den *Vorerfahrungen* spiegeln sich in dem Vergleich der Mediane wider. Der Median ist bei den Mädchen mit 66.00 ($n = 94$) deutlich niedriger als bei den Jungen mit 73.00 ($n = 109$). Der Median-Test weist diese Unterschiede mit $p = .005$ als hoch signifikant aus.

Vergleich zwischen den Altersgruppen

Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test untersucht.

⁴⁵ Da die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests als zuverlässiger gelten, wird hier davon ausgegangen, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant sind.

Der Test wies beim Vergleich der mittleren Ränge der Variablen *Schlussfolgerndes Denken* und *Vorerfahrungen* keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen aus. Dagegen erwiesen sich die Unterschiede bei der Variable *Motivationale und emotionale Aspekte* mit $p = .024$ als signifikant.

Überprüfung der Verteilungsform

Die Annahme, dass sich die Summenvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte* sowie *Vorerfahrungen* auch als intervallskaliert betrachten lassen, wurde bereits geäußert. Da einige statistische Verfahren bei intervallskalierten Daten die Normalverteilung voraussetzen, ist zu prüfen, ob die Daten normalverteilt sind. Die Überprüfung der Verteilungsform erfolgt mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test. Die Verteilungsformen weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab, somit kann von der Normalverteilung der Daten ausgegangen werden.

Zieldimension: Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Die Summenvariable *Motivationale und emotionale Aspekte* wurde auf der Grundlage der ursprünglich erfassten Daten der Variablen *Zuversicht*, *Wertungen* und *Einstellungen*, *Interesse für technische Tätigkeiten* und *Interesse für Berufe* mit technischem Bezug gebildet.

Geschlecht. Bei der Summenvariablen wurden zwischen den Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Untersucht man hingegen die einzelnen Ursprungsvariablen, so erweist sich der Unterschied zwischen den Geschlechtsgruppen bei der Variable *Zuversicht* als signifikant. Die Jungen scheinen demnach über eine höhere *Zuversicht* zu verfügen als die Mädchen. Es gibt hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf *Wertungen* und *Einstellungen*, das *Interesse für technische Tätigkeiten* und *Berufe* mit technischem Bezug.

Alter. Das Alter scheint in einem signifikanten Zusammenhang mit der Ausprägung der Merkmale der Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ zu stehen ($p = .024$).

Zieldimension: Basiskompetenzen

Das schlussfolgernde Denken wird als eine der Basiskompetenzen angesehen. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung deuten darauf hin, dass sich die Geschlechts- und die Altersgruppen hinsichtlich der Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken nicht signifikant unterscheiden.

Zieldimension: Technisches Wissen

Die Vorerfahrungen mit Werkzeugen, Maschinen und Spielen wurden erhoben und in der Summenvariablen *Vorerfahrungen* zusammengefasst.

Geschlecht. Es sind signifikante Ergebnisse zwischen den Mädchen und Jungen festzustellen. Die Daten weisen darauf hin, dass die Jungen sich in Bezug auf Vorerfahrungen höchst signifikant von den Mädchen unterscheiden. Die Jungen geben an, häufiger Umgang mit den Werkzeugen und mit den technischen Spielen gehabt zu haben als die Mädchen.

Alter. Das Alter scheint hingegen in keinem signifikanten Zusammenhang mit den Vorerfahrungen der acht-, neun- und zehnjährigen Kindern zu stehen.

Fazit der Ergebnisse der Voruntersuchung

Die Ergebnisse zeigen, dass im Umgang mit Technik Jungen über deutlich mehr Vorerfahrungen im Umgang mit Werkzeugen und technischen Spielen verfügen und dass sie im Umgang mit Technik zuversichtlicher sind als die Mädchen. Trotz geringerer Vorerfahrung und weniger Zuversicht, verfügen aber die Mädchen über ebenso über das Interesse für Berufe mit technischen Bezug und für technische Tätigkeiten. Auch in ihren Wertungen und Einstellungen gegenüber der Technik unterscheiden sie sich nicht von den Jungen. Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen und begründen die Forderung, dass Mädchen ebenso technische Förderung zuzukommen ist, wie den Jungen. Geschlechtstypische Unterschiede beim Umgang mit Technik sind somit eher auf geschlechtstypische Sozialisierungsverläufe zurückzuführen als auf individuellen Interessen.

6.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurde der Frage nachgegangen, wie sich das Materialsystem auf folgende manifeste und latente Merkmale auswirkt.

- Zieldimension „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“ (aktuelle Motivation)
- Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“

a. Beschreibung der Entwürfe :

- Enthält die Zeichnung Hinweise auf den Wirkmechanismus, Befestigungen und weitere Mechanismen

- Art des Wirkmechanismus
- Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus

b. Beschreibung der Objekte

- Art des Wirkmechanismus des Objekts
- Übereinstimmung des Wirkmechanismus zwischen dem Entwurf und Objekt
- Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus
- Funktionalität des Objekts
- Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ (Problemlösefähigkeit)
- Zieldimension „*Technische Kreativität*“ (Kreatives Verhalten)

Da sich sowohl das Alter als auch das Geschlecht auf die Ausprägung der beobachteten Merkmale auswirken kann, wird auch dieser Zusammenhang untersucht. Mit Hilfe der Kontrollvariablen, welche auf den Daten der Voruntersuchung basieren, wird überprüft, ob sie sich während des *Design Process* möglicherweise auf die Aspekte der aktuellen Motivation und auf die beobachteten Aspekte des wissenschaftlichen Denkens auswirken.



6.2.1 Zieldimension: Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Interesse

Materialsystem. Der Kruskal-Wallis-Test gibt die Unterschiede zwischen den Gruppen durch den Vergleich der mittleren Ränge als hoch signifikant an ($p = .005$). Die Baumarkt-Gruppe belegt dabei mit 132.14 den höchsten mittleren Rang, gefolgt von der UMT- (114.19), der Lego- (102.22) und der Fischertechnik-Gruppe (93.01).

Geschlecht. Als signifikant ($p = .032$) erweisen sich auch die Unterschiede zwischen den Geschlechtern durch den Mann-Whitney-Test. Die mittleren Ränge sind bei den Jungen mit einem Wert von 120.70 höher als bei den Mädchen (102.40).

Alter. Die Berechnung der mittleren Ränge mit dem Kruskal-Wallis-Test weist keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen auf.

Erfolgswahrscheinlichkeit

Materialsystem. Kruskal-Wallis-Test weist die Unterschiede zwischen den mittleren Rängen der Gruppen in Hinblick auf die Erfolgswahrscheinlichkeit als nicht signifikant aus.

Geschlecht. Die Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests deuten darauf hin, dass es zwischen den Geschlechtern keine Unterschiede gibt hinsichtlich der Ausprägung des Merkmals Erfolgswahrscheinlichkeit.

Alter. Zwischen den Altersgruppen bestehen hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit keine signifikanten Unterschiede.

Herausforderung

Materialsystem. Der Kruskal-Wallis-Test weist die Unterschiede zwischen den Gruppen als signifikant aus ($p = .012$). Auch hier sind die mittleren Ränge der Baumarkt-Gruppe mit 129.38 am höchsten, während die Fischertechnik-Gruppe mit einem Wert von 93.53 den niedrigsten mittleren Rang erreicht (UMT: 115.18, Lego: 106.59).

Geschlecht. Die Unterschiede zwischen mittleren Rängen erweisen sich durch den Mann-Whitney-Test zwischen den Geschlechtern als nicht signifikant.

Alter. Auch bei den Altersgruppen werden die Unterschiede durch den Kruskal-Wallis-Test als nicht signifikant angegeben.

Misserfolgsbefürchtung

Materialsystem. Im Hinblick auf die Misserfolgsbefürchtung werden durch den Kruskal-Wallis-Test zwischen den Materialsystemgruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen den mittleren Rängen festgestellt.

Geschlecht. Auch der Mann-Whitney-Test bestätigt, dass zwischen den Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Misserfolgsbefürchtung vorliegen.

Alter. Die Berechnung der mittleren Ränge mit dem Kruskal-Wallis-Test weist mit 121.60 den achtjährigen Kindern den höchsten mittleren Rang zu, gefolgt von der Gruppe der neunjährigen mit 108.05. Die zehnjährigen Kinder belegen den niedrigsten mittleren Rang mit 85.05. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind signifikant ($p = .013$).

6.2.2 Zieldimension: Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten (Problemlösefähigkeit)

Während des *Design Process* wurden sowohl die Eigenschaften der Entwürfe als auch der Objekte als manifeste Merkmale erfasst. Als latente Merkmale wurden die Problemlösefähigkeit und das kreative Verhalten beobachtet.

Wirkmechanismen

Materialsystem. Die Übersicht in Tabelle 19 gibt die Art der Wirkmechanismen wieder, welche die Kinder bei den Entwürfen geplant und später beim Bau der Objekte (siehe Tabelle 20) umgesetzt haben.

Wirkmechanismus	Materialsystem			
	UMT	Lego	Fischer-technik	Baumarkt
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Schleuder	4	7	3	6
Katapult	18	17	13	9
Standsschleuder	5	4	13	13
Federkatapult	4	0	2	11
Wippe	0	0	0	1
Gummispannkatapult	3	6	2	9
Fantasieobjekt	6	2	4	2
Schleuderkatapult	6	8	6	6
Federschleuder	0	0	0	2
Federbeinschleuder	0	0	0	1
Abschussschlitten	1	0	0	1
Hebeschleuder	1	0	0	0
Katapult mit Getriebe	1	1	0	0
Wurfrad	0	1	0	0
Katapult mit Seilzug	0	2	4	3
Trampolin	0	0	2	0
Kran	0	0	3	0
Feder-Schleudersitz	0	0	0	2
Katapult mit Gegengewicht	1	1	0	0
Gummiseilschleudersitz	0	0	0	1
Schaukel	0	0	1	0
Schleuderkatapult mit Feder	0	0	0	4
Schleudersitz mit Zahnradantrieb	0	0	1	0
Armbrust	0	0	0	1
Kanone	0	1	0	0
Leiter	0	1	0	0
Förderschnecke	0	1	0	0

Tabelle 19: Wirkmechanismen der Entwürfe

Wirkmechanismus	Materialsystem			
	UMT	Lego	Fischer-technik	Baumarkt
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Schleuder	4	4	0	5
Katapult	15	20	1	18
Standsschleuder	15	8	34	18
Federkatapult	0	0	0	11
Wippe	0	4	1	3
Gummispannkatapult	0	2	0	6
Fantasieobjekt	4	8	4	2
Schleuderkatapult	11	2	10	2
Federschleuder	0	0	0	1
Federbeinschleuder	0	0	0	1
Abschussschlitten	0	0	0	2
Katapult mit Getriebe	1	1	0	0
Kran	0	1	1	0
Schleuderkatapult mit Feder	0	0	1	2
elastische Leiste	0	0	1	0
Katapult mit Gegengewicht	0	2	0	0
Gummiseilschleudersitz	0	0	0	1
Katapult mit Seilzug	0	0	1	0

Tabelle 20: Wirkmechanismen der Objekte

Wirkmechanismen der Entwürfe

Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde überprüft, ob die Variablen *Wirkmechanismen* und *Materialsysteme* voneinander unabhängig sind⁴⁶. Der Chi-Quadrat-Wert nach Pearson ist mit $p = .013$ signifikant.

Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests weisen auf die Abhängigkeit der beiden Variablen hin. Es stellt sich die Frage, wie sich die verschiedenen Mechanismen auf die einzelnen Materialsystemgruppen verteilen. Da die Anzahl der Probanden in den Materialsystemgruppen unterschiedlich war, ist eine prozentuale Auswertung sinnvoll (siehe Tabelle 21).

Wirkmechanismus	Materialsystem			
	UMT	Lego	Fischer-technik	Baumarkt
Schleuder	8.2	12.5	6.4	8.2
Katapult	36.7	30.4	27.7	12.3
Standsschleuder	10.2	7.1	27.7	17.8
Sonstige	44.9	50.0	38.3	61.6
Gesamt	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle 21: Anteil der Wirkmechanismen der Entwürfe in vier Kategorien an der Gesamtzahl der Wurfmaschinen pro Gruppe in Prozent

Wirkmechanismen der Objekte

Materialsysteme. Auch bei den erstellten Objekten erweisen sich die Unterschiede in der Häufigkeit der Wirkmechanismen in den einzelnen Materialsystemgruppen als höchst signifikant mit $p = .000$ (Tabelle 22). Dies spricht dafür, dass ein Zusammenhang zwischen der *Materialsystemgruppe* und der Anzahl der *Wirkmechanismen* in der Gruppe besteht, d. h. die Variablen sind voneinander abhängig (siehe Abbildung 4).

⁴⁶ Sie gelten als voneinander unabhängig, wenn die beobachteten Häufigkeiten der einzelnen Zellen mit den erwarteten Häufigkeiten übereinstimmen (vgl. Bühl (2012, S. 298)). Der Test setzt voraus, dass nur in maximal 20% der Felder in der Kreuztabelle erwartete Häufigkeiten kleiner als fünf auftreten dürfen (vgl. Bühl, 2012, S. 301). Da viele der Wirkmechanismen nur einmal in einer der vier Materialsystemgruppen vorkamen, wäre diese Bedingung nicht erfüllt. Aus diesem Grund wurden die drei am häufigsten Wirkmechanismen übernommen und alle anderen unter der Kategorie Sonstige zusammengefasst. Außerdem wurden die Wirkmechanismen, die dem Kriterium einer Wurfmaschine nicht entsprachen, aus der Berechnung ausgeschlossen. Dies waren bei den Entwürfen das Fantasieobjekt, der Kran, die Kanone, Leiter, Förderschnecke und der Schleudersitz mit Zahnradantrieb. Bei den Objekten wurden der Kran und das Fantasieobjekt ausgeschlossen.

Die Vielfalt der verschiedenartigen Wirkmechanismen zeigt sich in der vierten Kategorie (Sonstige).

Wirkmechanismus	Materialsystem			
	UMT	Lego	Fischer-technik	Baumarkt
Schleuder	7.8	7.7	0.0	6.8
Katapult	29.4	38.5	2.0	24.7
Standsschleuder	29.4	15.4	68.0	24.7
Sonstige	33.3	38.5	30.0	43.8
Gesamt	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle 22: Anteil der Wirkmechanismen der Objekte in vier Kategorien an der Gesamtzahl der Wurfmaschinen pro Gruppe in Prozent

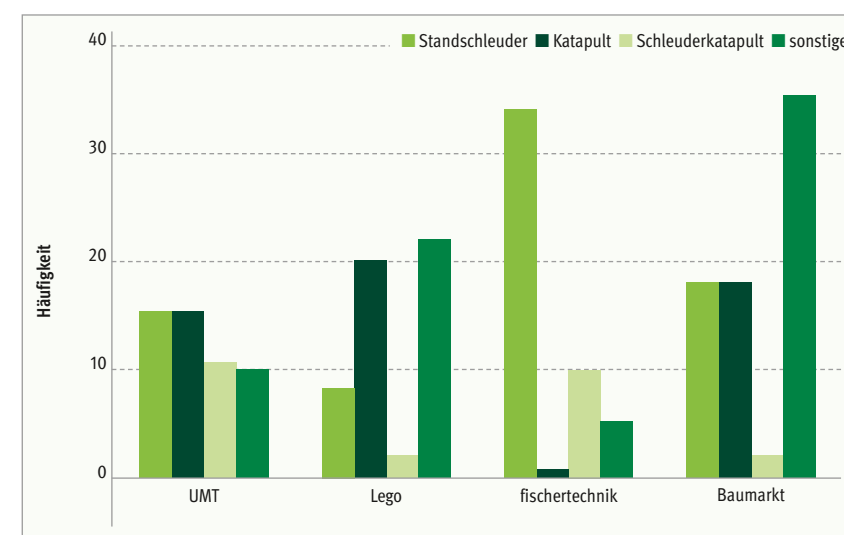


Abbildung 4. Wirkmechanismen der Objekte. Häufigkeiten. Legende der x-Achse:

1 = Standsschleuder, 2 = Katapult, 3 = Schleuderkatapult, 4 = sonstige

Geschlecht. Überprüft man den Zusammenhang zwischen den *Wirkmechanismen der Entwürfe* und dem *Geschlecht*, so erweist er sich mit einem Chi-Quadrat-Wert nach Pearson als nicht signifikant.

Der Chi-Quadrat-Wert nach Pearson erweist sich bei der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen dem *Geschlecht* und den *Wirkmechanismen der Objekte* als nicht signifikant.

Alter. Ein Zusammenhang zwischen dem *Alter* und den *Wirkmechanismen der Entwürfe* hat sich auf der Grundlage der Berechnung des Chi-Quadrat-Werts nach Pearson nicht gezeigt. Ebenso kann angenommen werden, dass ein Zusammenhang zwischen dem *Alter* und den *Wirkmechanismen der Objekte* nicht besteht.

Schwierigkeitsgrad des Wirkmechanismus

Materialsystem. Betrachtet man den Schwierigkeitsgrad der *Wirkmechanismen der Entwürfe*, so stellt man fest, dass über alle Systemgruppen hinweg die meisten Entwürfe der Kategorie *Einfache Konstruktion* angehören (siehe Abbildung 5). Darüber hinaus fällt auf, dass in der Kategorie *Aufwändigere Konstruktion* bei einem Vergleich der Materialsystemgruppen die Baumarkt-Gruppe am häufigsten vertreten ist, ebenso in der Kategorie *Einfallreiche Konstruktion*.

Die Kategorie Material erfüllt Funktion wurde in der Planungsphase nicht besetzt.

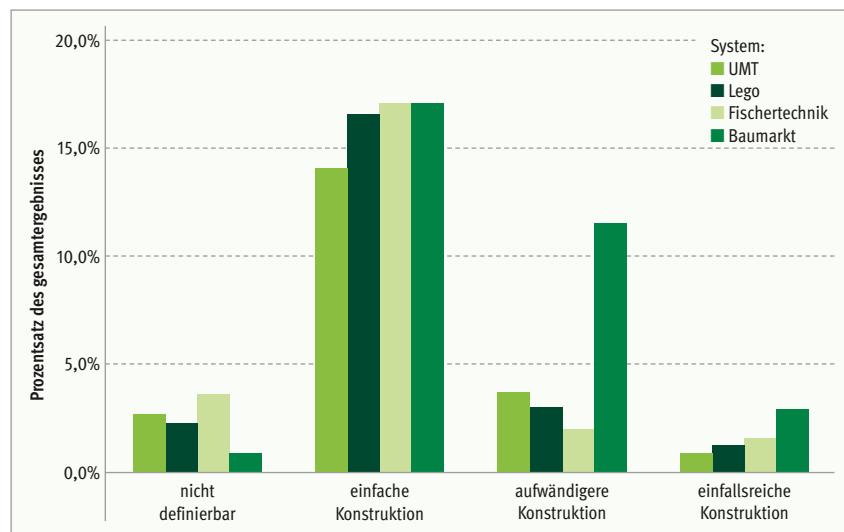


Abbildung 5. Entwurf. Schwierigkeitsgrad der Konstruktion. Prozentuale Verteilung in den einzelnen Materialsystemgruppen

Betrachtet man den *Schwierigkeitsgrad der Wirkmechanismen der Objekte*, zeichnet sich ein ähnliches Bild ab (siehe Abbildung 6). Auch hier sind die meisten Wirkmechanismen der Kategorie *Einfache Konstruktion* zugeordnet. Die Unterschiede in der prozentualen Verteilung zwischen den einzelnen Materialsystemgruppen sind hier gering. Deutliche Unterschiede sind dagegen wieder in der Kategorie *Aufwändigere Konstruktion* zu verzeichnen. Wie bereits bei den Entwürfen sind deutlich mehr Wirkmechanismen der Baumarkt-Gruppe in dieser Kategorie vertreten als in den anderen drei Materialsystemgruppen.

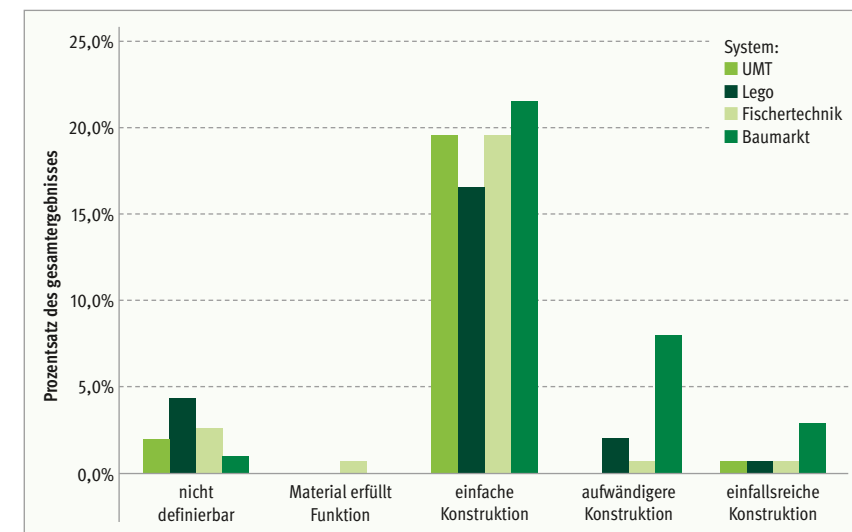


Abbildung 6. Objekt. Schwierigkeitsgrad der Konstruktion. Prozentuale Verteilung in den einzelnen Materialsystemgruppen

Mit dem Kruskal-Wallis-Test wurden die mittleren Ränge zwischen den Gruppen verglichen (siehe Tabelle 23). Ein höherer Rang bedeutet hier ein höheres Anspruchsniveau der Konstruktion. Sowohl bei den Entwürfen als auch bei den Objekten weist der Test die mittleren Ränge der Baumarkt-Gruppe als die höchsten aus. In beiden Fällen wird der Fischertechnik-Gruppe der niedrigste Rang zugewiesen. Die mittleren Ränge der UMT- und Lego-Gruppe liegen eng beieinander, und zwar zwischen Baumarkt- und Fischertechnik-Gruppe. Diese Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen weist der Kruskal-Wallis-Test sowohl bei den Entwürfen als auch bei den Objekten mit $p = .000$ als höchst signifikant aus.

Variablen	Ränge		
	Materialsystem	N	Mittlerer Rang
Schwierigkeitsgrad der Konstruktion im Entwurf	UMT	50	106.82
	Lego	52	106.69
	Fischertechnik	54	98.61
	Baumarkt	72	137.39
	Gesamt	228	
Schwierigkeitsgrad der Konstruktion des Objekts	UMT	50	104.84
	Lego	52	103.18
	Fischertechnik	54	101.79
	Baumarkt	72	138.92
	Gesamt	228	---
Statistik für Test ^{a,b}			
	Entwurf	Objekt	
χ^2	18.14	26.90	
df	3	3	
Asymptotische Signifikanz	.000	.000	
Anmerkungen. a = Kruskal-Wallis-Test; b = Gruppenvariable: Materialsystem; χ^2 = Chi-Quadrat nach Pearson.			

Tabelle 23: Schwierigkeitsgrad der Konstruktion der Entwürfe und Objekte. Kruskal-Wallis-Test

Geschlecht. Mit dem Mann-Whitney-Test wurde überprüft, ob Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad der Konstruktion bestehen. Bei den Entwürfen werden die Unterschiede zwischen den mittleren Rängen als nicht signifikant ausgewiesen. Auch bei den Objekten bestehen zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede.

Alter. Der Vergleich der mittleren Ränge mit dem Kruskal-Wallis-Test weist die Unterschiede zwischen den Altersgruppen bei den Entwürfen als nicht signifikant aus. Auch bei den Objekten werden die Unterschiede als nicht signifikant ausgewiesen.

Weitere Eigenschaften der Entwürfe: Hinweise auf Befestigungen und weitere Mechanismen

Die Entwürfe der Wurfmaschinen enthielten zuweilen auch Hinweise auf Befestigungen oder weitere Mechanismen. Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde untersucht, ob sich die Materialsystem-, Alters- und Materialgruppen im Hinblick auf solche Hinweise unterscheiden. Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests geben Grund zur Annahme, dass sowohl die Variablen, welche Hinweise auf Befestigungen und auf weitere Mechanismen erfassten, nicht abhängig von den Einflussvariablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* sind.

Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests sind in Tabelle 24 zusammenfassend dargestellt.

Variable	Gruppe	χ^2	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Prozent der Zellen mit einer erwarteten Häufigkeit kleiner als 5
Konstruktionsansatz der Befestigungen und Verbindungen im Entwurf	Materialsystem	3.711	3	.294	0
	Geschlecht	2.173	1	.140	0
	Alter	0.405	2	.817	0
Konstruktionsansatz für weitere Mechanismen im Entwurf (Umkodierte Variable Entwurf weitere Mechanismen ⁴⁷)	Materialsystem	4.701	3	.195	0
	Geschlecht	3.739	1	.53	0
	Alter	0.910	2	.634	0

Tabelle 24: Weitere Eigenschaften der Entwürfe – Zusammenfassung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests

Weitere Eigenschaften der Objekte: Funktionalität

Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde überprüft, ob die Variable *Funktionalität des Objekts* von den Variablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* unabhängig ist. Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests sind in Tabelle 25 dargestellt. Sie lassen erkennen, dass die Variable *Funktionalität des Objekts* nicht unabhängig ist von der Variable *Materialsystem*. Sie ist aber unabhängig von den Variablen *Geschlecht* und *Alter*.

⁴⁷ Die Variable Konstruktionsansatz für weitere Mechanismen im Entwurf wurde umkodiert, indem die Kodierungen 1 und 2 zu 1 = vorhanden zusammengefasst wurden, da sonst zu viele Zellen (33%) eine erwartete Häufigkeit kleiner als 5 aufweisen würden. Somit wurde die Abhängigkeit vom Vorhandensein/Nichtvorhandensein weiterer Mechanismen in den Entwürfen der Kinder von den Variablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* untersucht.

Variable	χ^2	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Prozent der Zellen mit einer erwarteten Häufigkeit kleiner als 5
Materialsystem	50.876	9	.000	0
Geschlecht	0.633	3	.889	0
Alter	3.859	6	.696	0

Tabelle 25: Weitere Eigenschaften der Objekte (Variable Funktionalität des Objekts) – Zusammenfassung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests

Die Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test untersucht. Ein Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass die Fischertechnik-Gruppe den höchsten Rang einnimmt, gefolgt von UMT-, Baumarkt- und Lego-Gruppe. Dies weist darauf hin, dass die Objekte der Fischertechnik-Gruppe sich in ihrer Funktionalität als die besten erwiesen (siehe Tabelle 26).

Materialsystem	Ränge	
	N	Mittlerer Rang
UMT	50	130.73
Lego	52	72.45
Fischertechnik	54	139.97
Baumarkt	72	114.49
Gesamt	228	---
Statistik für Test ^{a,b}		
	Funktionalität des Objekts	
χ^2	34.389	
df	3	
Asymptotische Signifikanz	.000	
Anmerkungen. a. = Kruskal-Wallis-Test. b. = Gruppenvariable: Materialsystem		

Tabelle 26: Weitere Eigenschaften der Objekte (Variable Funktionalität des Objekts) – Kruskal-Wallis-Test

Weitere Eigenschaften der Objekte: Übereinstimmung des Wirkmechanismus mit dem Entwurf

Die Kinder mussten nicht die Wirkmechanismen ihrer Entwürfe umsetzen. Es wurde ihnen nach der Diskussionsrunde, in der über die verschiedenen Entwürfe gesprochen wurde, freigestellt, sich für einen beliebigen Wirkmechanismus zu entscheiden. Mit der Variable *Übereinstimmung von Entwurf und Objekt* wurde die Übereinstimmung zwischen den Entwürfen und den Objekten erfasst.

Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde überprüft, ob die Variable *Übereinstimmung von Entwurf und Objekt* unabhängig von den Variablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* ist.

Die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests sind in Tabelle 27 dargestellt. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Variable *Übereinstimmung von Entwurf und Objekt* unabhängig von den Variablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* ist.

Variable	χ^2	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Prozent der Zellen mit einer erwarteten Häufigkeit kleiner als 5
Materialsystem	5.609	3	.132	0
Geschlecht	1.466	1	.226	0
Alter	30306	2	.192	0

Tabelle 27: Weitere Eigenschaften der Objekte (Variable Übereinstimmung zwischen Entwurf und Objekt) – Zusammenfassung der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests

Tabelle 28 gibt die Verteilung des Merkmals *Übereinstimmung des Entwurfs mit dem Objekt* in den jeweiligen Materialsystemgruppen wieder.

	Übereinstimmung von Entwurf und Objekt		
	nicht übereinstimmend	übereinstimmend	
Materialsystem	Anzahl	Anzahl	Anzahl
UMT	26	24	50
Lego	34	18	52
Fischertechnik	40	14	54
Baumarkt	47	25	72
Gesamt	147	81	228

Tabelle 28: Übereinstimmung von Entwurf und Objekt. Kreuztabelle – Vergleich der Materialsystemgruppen

Problemlösefähigkeit während der Planungsphase

Während der Planungsphase wurden die Kinder aufgefordert, ihre Entwürfe der Gruppe vorzustellen. Dabei bekamen die Gruppenmitglieder die Gelegenheit, zu den Entwürfen Fragen zu stellen. Notiert wurde dabei die Anzahl der zu dem Entwurf gestellten Fragen oder gemachten Anmerkungen (entwurfbezogen), die Anzahl der Fragen oder Anmerkungen des einzelnen Kindes (personenbezogen) und die Art der Frage oder der Anmerkung⁴⁸.

Materialsystem. Der Kruskal-Wallis-Test weist bei der Variable *Entwurf gegebene Kommentare* auf hoch signifikante Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen hin. Ein Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass die Fischertechnik-Gruppe hier den höchsten mittleren Rang belegt (139.84), gefolgt von der Lego- (115.94), der UMT- (109.56) und der Baumarkt-Gruppe (99.54).

Worin unterscheiden sich aber die Materialsystemgruppen? Die Fragen und Anmerkungen der Kinder wurden kategorisiert, es wurde notiert, worum es dem Kind bei seiner Frage oder Anmerkung ging. Aus den Fragen und Anmerkungen der Kinder lässt sich schließen, was an einem Entwurf das Interesse weckte bzw. was dem Kind noch unklar war oder problematisch erschien. Das Skalenniveau der Daten erlaubt hier lediglich eine Auswertung der Häufigkeiten. Abbildung 7 gibt die Anzahl der Nennungen in den jeweiligen Kategorien wieder. Die meisten Nennungen hinsichtlich des Wirkmechanismus und des Objekts sind bei der Fischertechnik-Gruppe zu verzeichnen. Bei den Kommentaren zu den Wirkmechanismen ging es um die Klärung der Funktionsweise, während die Fragen oder Anmerkungen zu dem Objekt nach einer Definition des Gegenstandes oder eines Bestandteiles verlangten. Auffallend ist die hohe Anzahl der Nennungen in der Kategorie *Material* bei der Baumarkt-Gruppe. Bei Fragen oder Anmerkungen, die dieser Kategorie zugeordnet wurden, ging es um die Klärung der Materialeigenschaften.

⁴⁸ Die Variablen *Zum Entwurf gegebene Kommentare* und *Zum Entwurf erhaltene Kommentare* sind metrisch. Um zu überprüfen, ob parametrische Tests infrage kommen, wurden sie auf Normalverteilung überprüft. Wie die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests weisen beide Variablen auf eine höchst signifikante Abweichung von der Normalverteilung hin ($p = .000$). Aus diesem Grund kommen nichtparametrische Tests in Frage.

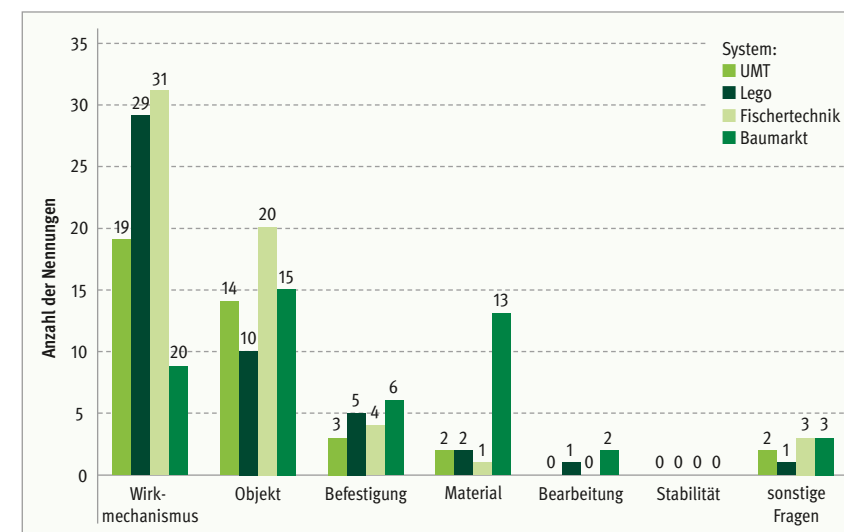


Abbildung 7. Entwürfe - Was weckt das Interesse der Kinder?

Geschlecht. Die Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests zeigen, dass sich die mittleren Ränge der Geschlechts-Gruppen der Variable *Zum Entwurf gegebene Kommentare* nicht signifikant voneinander unterscheiden. Ebenfalls lassen sich zwischen den mittleren Rängen der Geschlechtsgruppen der Variablen *Zum Entwurf erhaltene Kommentare* keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Alter. Der Vergleich der mittleren Ränge der Altersgruppen der Variable *Zum Entwurf gegebene Kommentare* mit dem Kruskal-Wallis-Test ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch der Vergleich der mittleren Ränge zwischen der Altersgruppen der Variable *Zum Entwurf erhaltene Kommentare* ergibt keine signifikanten Unterschiede.

Problemlösefähigkeit während der Bauphase

Während der Bauphase wurden die Kinder beim Bauen der Wurfmaschinen beobachtet. Dabei wurde notiert, was das Kind als Problem betrachtete, und die Art der Lösung für das Problem. Untersucht wurde, ob sich ein Zusammenhang zwischen der Variable *Problemlösen* und den Einflussvariablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* feststellen lässt. Die Variable *Problemlösen* ist metrisch. Zunächst wurde überprüft, ob eine Normalverteilung der Daten vorliegt. Das Q-Q-Diagramm veranschaulicht die Verteilung der z-transformierten beobachteten und erwarteten Werte. Zu erkennen ist, dass die Anpassung an die Gerade hinreichend gegeben ist (siehe Abbildung 8).

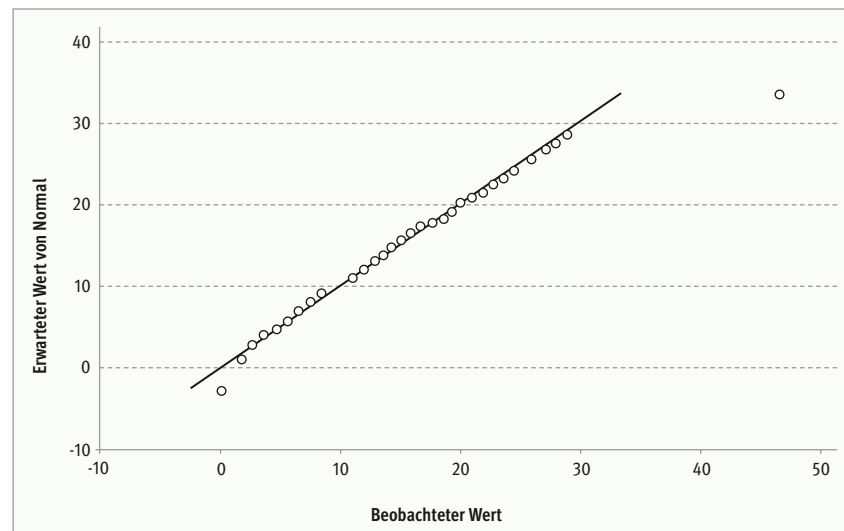


Abbildung 8. Variable Problemlösen - Überprüfung der Normalverteilung mit einem Q-Q-Diagramm

Auch die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests lassen die Annahme einer Normalverteilung zu, da keine signifikanten Abweichungen von der Normalverteilung festzustellen sind ($p = .103$). Somit kommen parametrische Testverfahren in Frage.

Materialsystem. Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse wurden die Mittelwerte der Materialsystemgruppen verglichen⁴⁹. Die Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA weisen auf höchst signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hin (siehe Tabelle 29).

Variable Problemlösen	Quadratsumme	df	MS	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	974.200	3	324.733	6.034	.001
Innerhalb der Gruppen	8933.706	166	53.818	---	---
Gesamt	9907.906	169	---	---	---

Anmerkungen. MS = Mittel der Quadrate; F = Freiheitsgrade.

Tabelle 29: Mittelwertvergleiche zwischen den Materialsystemgruppen zur Variable Problemlösen - Einfaktorielle ANOVA

⁴⁹ Unterscheiden sich die Gruppenmittelwerte stark, während innerhalb der Gruppen geringe Varianzen beobachtet werden, dann bestehen zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede (vgl. Leonhart, 2009, S. 339).

Die Mittelwerte der einzelnen Materialsystemgruppen sind in Tabelle 30 dargestellt.

Materialsystem	M	N	SD
UMT	12.8085	47	6.19480
Lego	7.2000	25	7.90042
Fischertechnik	12.8108	37	7.35164
Baumarkt	14.5902	61	7.87904
Insgesamt	12.6235	170	7.65680

Tabelle 30: Mittelwerte der Materialsystemgruppen zur Variable Problemlösen

Abbildung 9 veranschaulicht den Vergleich der Mittelwerte zwischen den Materialsystemgruppen.

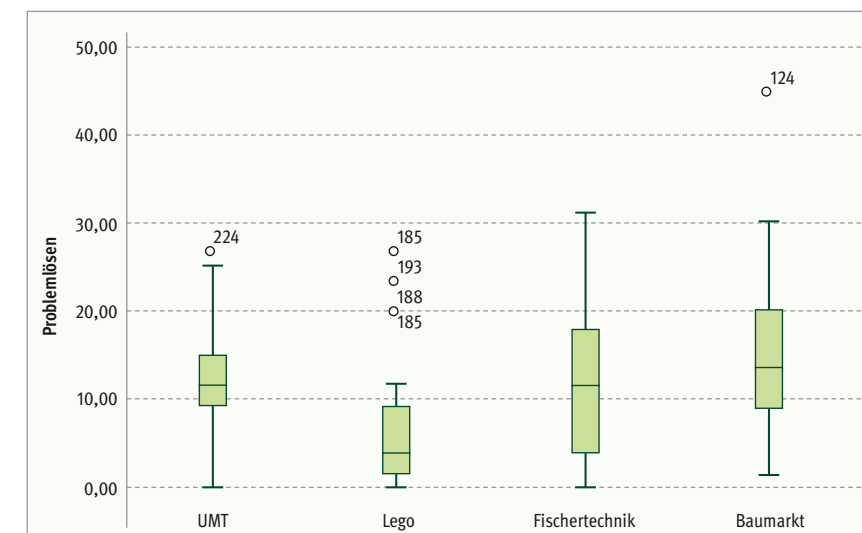


Abbildung 9. Variable Problemlösen. Boxplot. Vergleich der Materialsystemgruppen

Geschlecht. Zum Vergleich der Varianzunterschiede zwischen den Geschlechtsgruppen wurde der T-Test zum Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben durchgeführt (siehe Tabelle 31).

Geschlecht	N	M	SD	SEM
männlich	91	11.7802	6.53504	.68506
weiblich	79	13.5949	8.71562	.98058

Anmerkung. SEM = Standardfehler des Mittelwerts.

Tabelle 31: Mittelwertvergleich zwischen den Geschlechtsgruppen zur Variable Problemlösen - T-Test bei unabhängigen Stichproben. Gruppenstatistik

Der Levene-Test der Varianzgleichheit weist mit $p = .027$ und $F = 4.960$ die Varianzen als nicht homogen aus. Somit können Unterschiede zwischen den Gruppen angenommen werden (siehe Abbildung 10).

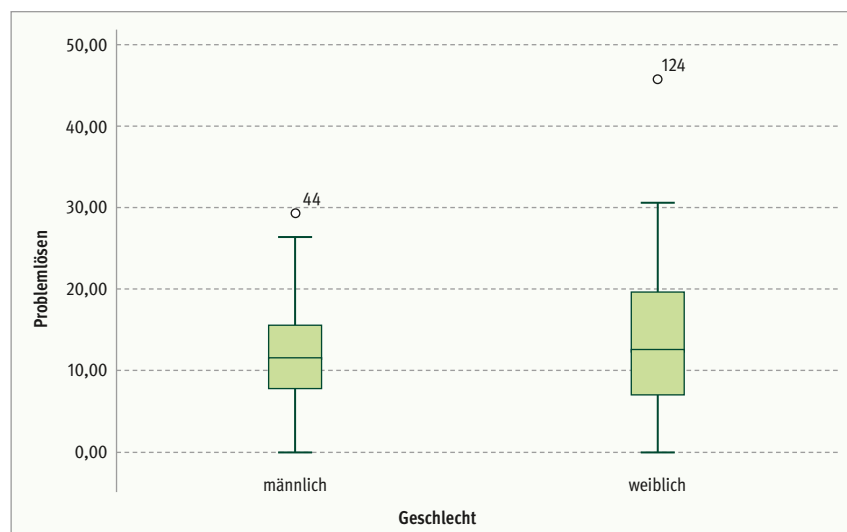


Abbildung 10. Variable Problemlösen. Boxplot. Vergleich der Geschlechtsgruppen

Alter. Auch ein Vergleich der Mittelwerte zwischen den Altersgruppen weist auf hochsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hin. Die Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA liefern mit $p = .008$ ein hochsignifikantes Ergebnis.

Die Mittelwerte der einzelnen Altersgruppen sind in Tabelle 32 dargestellt.

Alter	M	N	SD
8.00	11.6462	65	6.85208
9.00	12.0625	80	7.26766
10.00	16.9600	25	9.51525
Insgesamt	12.6235	170	7.65680

Tabelle 32: Mittelwerte der Altersgruppen zur Variable Problemlösen

Kreatives Verhalten

Zunächst werden einzelne Aspekte des kreativen Verhaltens und anschließend die Summenvariable *Kreatives Verhalten* untersucht. Mit nichtparametrischen Verfahren wurde untersucht, ob zwischen den Gruppen der Variablen *Materialsystem*, *Geschlecht* und *Alter* Unterschiede im Hinblick auf das kreative Verhalten festzustellen sind.

Materialsystem. Mit dem Kruskal-Wallis-Test wurden die mittleren Ränge der Materialsystemgruppen verglichen. In Tabelle 33 sind die Ergebnisse dargestellt. Signifikante Unterschiede werden bei zwei Aspekten des kreativen Verhaltens ausgewiesen: bei der *Ausdauer* ($p = .048$) und *Zielstrebigkeit* ($p = .007$). Bei beiden Aspekten des kreativen Verhaltens (i.e. *Originalität*, *Flexibilität*, *Interesse für die Gruppe* und *aktive Beteiligung*) sind die mittleren Ränge der UMT-Gruppe am höchsten, während die Fischertechnik-Gruppe den niedrigsten Rang einnimmt. In allen anderen Aspekten des *Kreativen Verhaltens* scheinen sich die Materialsystemgruppen nicht signifikant zu unterscheiden.

Variable	Materialsystem	N	Mittlerer Rang
Ausdauer	UMT	51	123.06
	Lego	52	117.75
	Fischertechnik	54	94.70
	Baumarkt	72	122.53
	Gesamt	229	---
Originalität	UMT	51	118.54
	Lego	52	120.55
	Fischertechnik	54	105.34
	Baumarkt	72	115.73
	Gesamt	229	---
Zielstrebigkeit	UMT	49	130.88
	Lego	52	108.47
	Fischertechnik	54	92.08
	Baumarkt	72	122.94
	Gesamt	227	---
Flexibilität	UMT	50	117.51
	Lego	52	108.40
	Fischertechnik	54	107.19
	Baumarkt	72	122.29
	Gesamt	228	---
Interesse für die Gruppe	UMT	49	116.42
	Lego	52	111.21
	Fischertechnik	54	105.23
	Baumarkt	72	120.94
	Gesamt	227	---
Aktive Beteiligung	UMT	50	115.08
	Lego	52	105.65
	Fischertechnik	54	108.87
	Baumarkt	72	124.71
	Gesamt	228	---

Statistik für Test ^{a,b}						
	Ausdauer	Originalität	Zielstrebigkeit	Flexibilität	Interesse für die Gruppe	Aktive Beteiligung
χ^2	7.924	1.820	12.064	2.444	2.099	3.333
df	3	3	3	3	3	3
Asymptotische Signifikanz	.048	.611	.007	.486	.552	.343

Anmerkungen. a = Kruskal-Wallis-Test; b = Gruppenvariable: Materialsystemen.

Tabelle 33: Aspekte des kreativen Verhaltens - Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich der mittleren Ränge der Materialsystemgruppen

Vergleicht man die Summenvariable *Kreatives Verhalten* anhand des Kruskal-Wallis-Tests weist dieser keine signifikanten Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen aus. Da die Unterschiede als nicht signifikant ausgewiesen wurden, wird davon ausgegangen, dass sich die Materialsystemgruppen nicht voneinander unterscheiden.

Geschlecht. Vergleicht man die einzelnen Aspekte des kreativen Verhaltens, werden bei zwei Aspekten des kreativen Verhaltens die Unterschiede der mittleren Ränge als signifikant ausgewiesen:

- Bei der Variable *Originalität* sind die mittleren Ränge der Jungen höher als die der Mädchen ($p = .023$).
- Bei der Variable *Interesse für die Gruppe* liegen die mittleren Ränge der Mädchen signifikant höher als die der Jungen ($p = .003$).

Bei allen anderen Aspekten des kreativen Verhaltens bestehen zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede.

Der Mann-Whitney-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen für die Summenvariable *Kreatives Verhalten*.

Alter. Die mittleren Ränge der einzelnen Aspekte des *Kreativen Verhaltens* wurden mit dem Kruskal-Wallis Test überprüft. Bei allen untersuchten Variablen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Der Kruskal-Wallis-Test ergab keine signifikanten Unterschiede für die Summenvariable *Kreatives Verhalten*.

6.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurde der Einfluss von *Alter*, *Geschlecht* und *Materialsystem* auf Aspekte der Zieldimensionen „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“ (i.e., Aktuelle Motivation), „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ (i.e., Problemlösefähigkeit, Eigenschaften der Entwürfe und Objekte) und „*Technische Kreativität*“ (i.e., Kreatives Verhalten) untersucht.

Zieldimension „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“

Bei der Zieldimension „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“ wurden vier verschiedene Aspekte der Aktuellen Motivation untersucht:

- Interesse,
- Erfolgswahrscheinlichkeit,
- Herausforderung und
- Misserfolgsbefürchtung.

Signifikante bis hochsignifikante Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen sind sowohl im Hinblick auf das Interesse als auch auf die Herausforderung festzustellen: Kinder in der Baumarkt-Gruppe scheinen am meisten interessiert und herausgefordert zu sein, gefolgt von der UMT-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe.

Zudem scheint das Interesse bei den Jungen ausgeprägter zu sein als bei den Mädchen. Darüber hinaus weisen die Ergebnisse darauf hin, dass je älter die Kinder werden, desto geringer ist ihre Misserfolgsbefürchtung.

Analysiert man die Summenvariable *Aktuelle Motivation*, so erweisen sich auch hier die Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen in der genannten Reihenfolge als höchst signifikant, während zwischen den Alters- und Geschlechtsgruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede bestehen.

Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“

Auf der Ebene der Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ wurden in der aktuellen Studie folgende Aspekte untersucht: *Eigenschaften der Entwürfe*, *Eigenschaften der Objekte*, die *Problemlösefähigkeit während der Planungsphase*, die *Problemlösefähigkeit während der Bauphase*.

Bei den *Eigenschaften der Entwürfe* wurde untersucht, ob sich die Gruppen (Materialsystem, Geschlecht und Alter) im Hinblick auf die Anzahl der verschiedenartigen Wirk-

mechanismen, den Schwierigkeitsgrad der Entwürfe sowie Hinweise auf weitere Befestigungen und weitere Mechanismen unterscheiden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass zwischen der Anzahl der verschiedenartigen Wirkmechanismen der Entwürfe und der Materialsystemgruppe ein signifikanter Unterschied besteht. Die weitere Auswertung ergab, dass die größte Vielfalt an Wirkmechanismen in der Baumarkt-Gruppe zu verzeichnen war, gefolgt von der Lego-, der UMT- und der Fischertechnik-Gruppe. Als höchst signifikant haben sich auch die Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad der Entwürfe erwiesen. Kinder der Baumarkt-Gruppe fertigten die komplexesten Entwürfe an, gefolgt von der UMT-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe. Im Hinblick auf Hinweise auf Befestigungen und weitere Mechanismen scheint es zwischen den Materialsystemgruppen keine Unterschiede zu geben.

Alter und Geschlecht scheinen in keinem Zusammenhang mit den untersuchten Eigenschaften der Entwürfe zu stehen.

Die *Eigenschaften der Objekte* wurden dahingehend untersucht, ob ein Zusammenhang besteht zwischen der Gruppenzugehörigkeit (Materialsystem, Geschlecht und Alter) und der Anzahl der verschiedenartigen Wirkmechanismen, dem Schwierigkeitsgrad der Entwürfe sowie der Funktionalität der Objekte. Die Kinder hatten die freie Wahl, die Objekte gemäß ihren Entwürfen zu bauen oder aber von der ursprünglichen Planung abzuweichen. Untersucht wurde, ob es im Hinblick auf die Übereinstimmung der Objekte mit den Entwürfen einen Unterschied gibt.

Untersucht man den Zusammenhang zwischen den Gruppen (Materialsystem, Geschlecht und Alter) im Hinblick auf die Eigenschaften der hergestellten Objekte, ähneln die Ergebnisse denen der Entwürfe. Die Anzahl der Wirkmechanismen in den einzelnen Materialsystemgruppen scheint von der Gruppenzugehörigkeit abhängig zu sein. Untersucht man die Vielfalt der Wirkmechanismen in den einzelnen Gruppen, zeigt sich, dass in der Baumarkt-Gruppe die größte Vielfalt an Wirkmechanismen zu verzeichnen war, gefolgt von der Lego-, der UMT- und der Fischertechnik-Gruppe. Die Materialsystemgruppen unterscheiden sich auch im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad der Objekte. Wie bei den Wirkmechanismen der Entwürfe fertigten die Kinder der Baumarkt-Gruppe die komplexesten Entwürfe, gefolgt von der UMT-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe.

Auch die Unterschiede in der Funktionalität erwiesen sich zwischen den Materialsystemgruppen als höchst signifikant. Die Funktionalität der Objekte der Fischertechnik-

Gruppe war am höchsten, gefolgt von der UMT-, der Baumarkt- und der Lego-Gruppe. Im Hinblick auf die Übereinstimmung zwischen dem Entwurf und Objekt wurden zwischen den Materialsystemgruppen keine Unterschiede festgestellt. Auch Alter und Geschlecht scheinen in keinem Zusammenhang mit den untersuchten Eigenschaften der Objekte zu stehen.

Bei der Untersuchung der *Problemlösefähigkeit während der Planungsphase* wurden zwei Aspekte berücksichtigt: die Anzahl gegebener Kommentare und die Anzahl der erhaltenen Kommentare. Die Auswertung ergab, dass sich die Materialsystemgruppen bezüglich der erhaltenen Kommentare und der gegebenen Kommentare voneinander unterscheiden. Die Mittelwerte der Gruppen sinken bei beiden untersuchten Variablen in folgender Reihenfolge: Fischertechnik-, Lego-, UMT- und Baumarkt-Gruppe. Im Hinblick auf das Alter und Geschlecht wiesen die Gruppen keine Unterschiede auf.

Die Analyse der *Problemlösefähigkeit während der Bauphase* ergab höchst signifikante Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen. Die größte Ausprägung dieser Merkmale war in der Baumarkt-Gruppe, gefolgt von der Fischertechnik- der UMT- und der Lego-Gruppe zu verzeichnen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich Jungen von Mädchen im Hinblick auf die Problemlösefähigkeit in der Bauphase unterscheiden: Die Mädchen scheinen auftretende Probleme häufiger zu lösen als die Jungen. Mit zunehmendem Alter scheinen die Kinder die Probleme in der Bauphase häufiger zu lösen.

Zieldimension „Technische Kreativität“

Als ein Aspekt der Zieldimension „Technische Kreativität“ wurde das Kreative Verhalten untersucht, welches folgende Unter Aspekte umfasst: *Ausdauer, Originalität, Zielstrebigkeit, Flexibilität, Interesse für das Geschehen in der Gruppe* und *aktive Beteiligung an der Problemlösung anderer*.

Die Materialsystemgruppen unterschieden sich signifikant in der Ausdauer und hoch signifikant in der Zielstrebigkeit. Kinder der UMT-Gruppe zeigten die meiste Ausdauer und Zielstrebigkeit, gefolgt von Kindern der Bau-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe.

Folgende Geschlechtsunterschiede traten zu Tage: Die Jungen scheinen sich durch Originalität der Ideen auszuzeichnen, während sich die Mädchen durch ein stärker ausgeprägtes Interesse am Geschehen in der Gruppe auszeichnen als die Jungen. Die

Altersgruppen weisen in keinem Aspekt des *Kreativen Verhaltens* signifikante Unterschiede auf. Die Unterschiede zwischen den Materialsystem- und Geschlechtsgruppen scheinen sich zu relativieren und bestehen bei der Analyse der Summenvariablen *Kreatives Verhalten* nicht mehr.

Die Abbildung 11 veranschaulicht die hier dargestellten Ergebnisse.

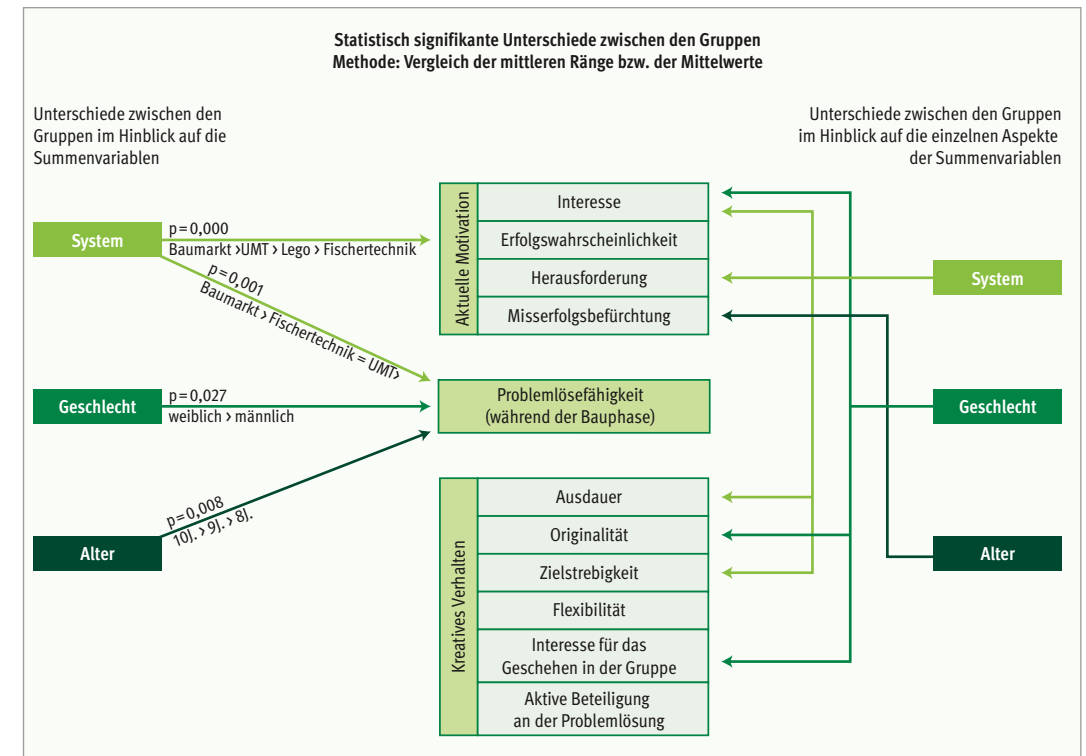


Abbildung 11. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die Aktuelle Motivation, Problemlösefähigkeit während der Bauphase und das kreative Verhalten. Die Pfeile stellen signifikante Zusammenhänge zwischen den Variablen dar.

6.3 Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Kontroll- und Einflussvariablen auf die Zielvariablen

Die bisherige Analyse befasste sich mit der Auswertung der Variablen der Vorerhebung und der Hauptuntersuchung. Analysiert wurden die einzelnen Variablen im Hinblick auf mögliche Unterschiede zwischen den Materialsystem-, Geschlechts- und Altersgruppen.

Im weiteren Schritt soll nun untersucht werden, ob die Extremgruppen der Kontrollvariablen *Vorerfahrungen (klassiert)*, *Schlussfolgerndes Denken (klassiert)* und *Motivationale und emotionale Aspekte (klassiert)* (besonders gering ausgeprägte Merkmale vs. besonders stark ausgeprägte Merkmale) Unterschiede in der Ausprägung der Merkmale *Aktuelle Motivation*, *Problemlösefähigkeit in der Bauphase* und *Kreatives Verhalten* zeigen. Außerdem sollen die Zusammenhänge zwischen den Kontroll- und Einflussvariablen auf die Zielvariablen überprüft werden.

Voranalyse: Varianzhomogenität der Systemgruppen

Zur Analyse der Varianzhomogenität der vier Materialsystemgruppen wurde der Levene-Test aufgeführt. Die Ergebnisse für die Variablen *Motivationale und emotionale Aspekte und Vorerfahrungen* zeigen, dass die Materialsystemgruppen hinsichtlich der Varianz homogen sind, da das Signifikanzniveau größer ist als $p \geq .05$.⁵⁰ Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass bei der Variable *Schlussfolgerndes Denken* die Varianzhomogenität nicht anzunehmen ist (siehe Anhang 3.19)⁵¹.

Dem Boxplot ist zu entnehmen, dass die Mediane der Materialsystemgruppen voneinander abweichen (Abbildung 12). Auch ein Vergleich der mittleren Ränge mit dem Kruskal-Wallis-Test zeigt, dass sich die Materialsystemgruppen in der Variable *Schlussfolgerndes Denken* hoch signifikant unterscheiden ($p = .007$). Dabei belegt die Fischertechnik-Gruppe den höchsten Rang, gefolgt von der Baumarkt-, der UMT- und der LEGO-Gruppe. Bei den beiden anderen Kontrollvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte* und *Vorerfahrungen* werden die Unterschiede als nicht signifikant ausgewiesen.

Aufgrund der Unterschiede zwischen den Gruppen wäre es möglich, dass sich dies auf die Ausprägung der Zielvariablen der Hauptuntersuchung auswirkt. Es wäre anzunehmen, dass die Fischertechnik-Gruppe in der Variable *Problemlösen* höhere Werte erzielt als die anderen Gruppen. Bereits die Analyse der Zielvariable *Problemlösen* ergab, dass sich diese Vermutung nicht bestätigen lässt (siehe *Problemlösefähigkeit während der Bauphase*).

⁵⁰ Die Gleichheit der Varianzen wird üblicherweise bei $p < .05$ verworfen (vgl. Bühl, 2012, S. 367).

⁵¹ Die Varianzanalyse ist an eine Reihe von Voraussetzungen gebunden (vgl. Leonhart, 2009, S. 342f). Bortz weist zwar darauf hin, dass die Varianzanalyse gegenüber Verletzungen recht robust ist, dies aber unter der Voraussetzung gleich großer Stichproben (vgl. Bortz und Weber, 2005, S. 287). Im Fall, dass die Stichproben nicht gleich groß sind, empfiehlt er ein verteilungsfreies Verfahren, wie z. B. den Kruskal-Wallis-Test (vgl. Bortz und Weber, 2005, S. 287).

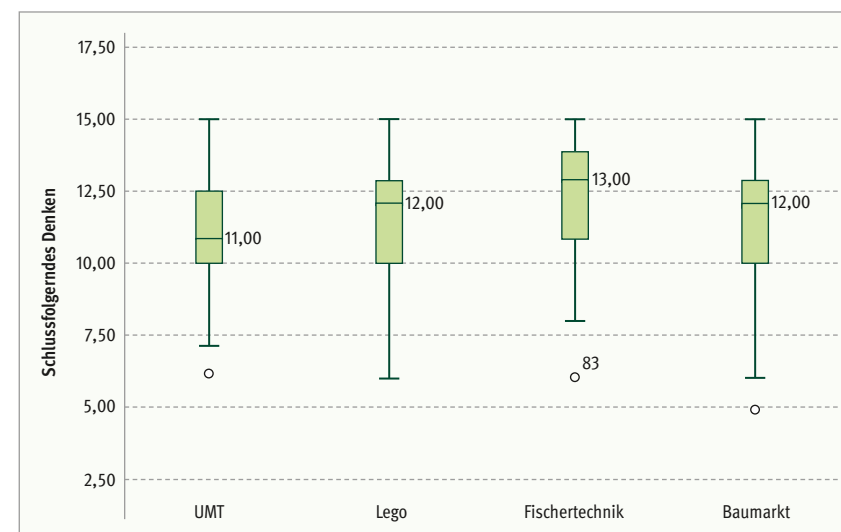


Abbildung 12. Kontrollvariable *Schlussfolgerndes Denken*. Vergleich der Materialsystemgruppen. Boxplot

Vergleich der Extremgruppen

Die kategorialen Variablen weisen fünf Kategorien auf. Für den Vergleich der Extremgruppen wurde die Kategorie Nr. 1 (erstes Quintil der Stichprobe) und 5 (letztes Quintil der Stichprobe) in die Auswertung einbezogen. Untersucht wird, ob sich die Extremgruppen der Kontrollvariablen *Vorerfahrungen (klassiert)*, *Schlussfolgerndes Denken (klassiert)* und *Motivationale und emotionale Aspekte (klassiert)* im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation*, das Problemlösen bei der Herstellung der Objekte und das Kreative Verhalten unterscheiden.

Vorerfahrungen. Mit dem Mann-Whitney-Test wurden die mittleren Ränge verglichen. Die Analyse ergab folgende Ergebnisse: Ein Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass sich die Kinder mit wenigen Vorerfahrungen (1. Quintil) von denen mit vielen Vorerfahrungen (5. Quintil) im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation* hoch signifikant unterscheiden ($p = .006$). Kinder mit viel Vorerfahrung belegen bei der *Aktuellen Motivation* einen höheren Rang als die Kinder mit wenig Vorerfahrung. Im Hinblick auf das *Problemlösen* und auf das *Kreative Verhalten* unterscheiden sich die Kinder mit viel Vorerfahrung nicht von denjenigen mit wenig Vorerfahrung (siehe Tabelle 34).

Kontrollvariable Vorerfahrungen (klassiert; Kategorien 1 und 5)							
Zielvariable	Vorerfahrungen	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	U	Z	Asymptotische Signifikanz
Aktuelle Motivation	1 Quintil	34	28,34	963,50	368,50	-2,729	,006
	5. Quintil	35	41,47	1451,50			
Problemlösen	1 Quintil	31	33,03	1024,00	433,00	-0,670	,503
	5. Quintil	31	29,97	929,00			
Kreatives Verhalten	1 Quintil	38	33,08	1257,00	516,00	-2,148	,32
	5. Quintil	38	43,92	1669,00			

Anmerkungen. U = Mann-Whitney-Test; Z = z-Transformation.

Tabelle 34: Vergleich der Extremgruppen: Zusammenhang zwischen Vorerfahrungen und den Zielvariablen Aktuelle Motivation, Problemlösen und Kreatives Verhalten

Schlussfolgerndes Denken (klassiert). Ein Vergleich des ersten und fünften Quintils der Variable *Schlussfolgerndes Denken* weist hochsignifikante Unterschiede in der aktuellen Motivation aus ($p = .009$). Kinder, welche im Bereich des schlussfolgernden Denkens wenig Punkte erhielten, weisen im Bereich der aktuellen Motivation eine stärkere Ausprägung des Merkmals auf (siehe Tabelle 35). Im Hinblick auf das *Problemlösen* unterscheiden sich die Kinder die sehr hoch nicht von denjenigen die sehr niedrig auf der Variable *Schlussfolgerndes Denken* punkten. Auch im Hinblick auf das *Kreative Verhalten* scheinen sich die Gruppen der ersten nicht von der fünften Kategorie der Variable *Schlussfolgerndes Denken* zu unterscheiden.

Kontrollvariable Vorerfahrungen (klassiert; Kategorien 1 und 5)							
Zielvariable	Vorerfahrungen	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	U	Z	Asymptotische Signifikanz
Aktuelle Motivation	1 Quintil	38	41,30	1569,50	387,50	-2,608	,009
	5. Quintil	32	28,61	915,50			
Problemlösen	1 Quintil	37	32,12	1188,50	485,50	-0,191	,849
	5. Quintil	27	33,02	891,50			
Kreatives Verhalten	1 Quintil	43	36,12	1557,00	611,00	-1,236	,216
	5. Quintil	34	42,53	1446,00			

Tabelle 35: Vergleich der Extremgruppen. Zusammenhang zwischen Schlussfolgerndem Denken und den Zielvariablen Aktuelle Motivation, Problemlösen und Kreatives Verhalten

Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik. Vergleicht man die mittleren Ränge der Extremgruppen der Variable *Motivationale und emotionale Aspekte (klassiert)*, so zeigen sich im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation*, das *Problemlöseverhalten in der Bauphase* und das *Kreative Verhalten* keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

6.3.1 Gewichtung des Einflusses der Faktoren

Die bisherige Analyse hat ergeben, dass sich die Ausprägung der Zielvariablen *Aktuelle Motivation* je nach der Zugehörigkeit zu einer der Extremgruppen der Variable *Vorerfahrungen (klassiert)* und *Schlussfolgerndes Denken* unterscheidet. Darüber hinaus unterscheiden sich die Ausprägungen der einzelnen Aspekte der aktuellen Motivation sowie der Variable *Problemlösen (während der Bauphase)* je nach der Zugehörigkeit zu den Materialsystem-, Geschlechts- und Altersgruppen. Die Frage ist, durch welche dieser Variablen sich die Varianzen erklären lassen und welcher Einfluss und welche Wichtigkeit den Faktoren zugewiesen werden. Mit der Methode der kategorialen Regression wird die Abhängigkeit der Zielvariablen von anderen Variablen untersucht. In die Analyse werden darüber hinaus auch die Zielvariable *Kreatives Verhalten (klassiert)* und die Kontrollvariable *Affektiver Bereich (klassiert)* berücksichtigt.

Folgende Variablen wurden als unabhängige Variablen in die Analyse einbezogen:

1. Alter (numerisch)
2. Geschlecht (nominalskaliert)
3. Materialsystem (nominalskaliert)
4. Motivationale und emotionale Aspekte (ordinalskaliert, klassiert)
5. Schlussfolgerndes Denken (ordinalskaliert, klassiert)
6. Vorerfahrungen (ordinalskaliert, klassiert)

Als abhängige Variablen wurden in die Analyse einbezogen:

1. Aktuelle Motivation (ordinalskaliert, klassiert)
2. Problemlösen (ordinalskaliert, klassiert)
3. Kreatives Verhalten (ordinalskaliert, klassiert)

Aktuelle Motivation. In die Analyse wurden 113 gültige Fälle einbezogen (Gesamt N = 246, Fälle mit fehlenden Werten: 133). Der multiple Korrelationskoeffizient ist mit .426 niedrig und die Varianzaufklärung beträgt 11%. Der Einfluss der unabhängigen Variablen wird mit $p = .012$ als signifikant ausgewiesen.

Die Ergebnisse des F-Tests deuten darauf hin, dass lediglich bei der unabhängigen Variable *Materialsystem* ein höchst signifikanter Einfluss ($p = .001$) auf die abhängige Variable *Aktuelle Motivation* zu bestehen scheint ($r = .237$; $F = 6.200$). Alle anderen abhängigen Variablen scheinen keinen Einfluss auf die Zielvariable auszuüben.

Problemlösen. In die Analyse wurden 101 gültige Fälle einbezogen (Gesamt $N = 246$, Fälle mit fehlenden Werten: 145). Der multiple Korrelationskoeffizient beträgt $.647$ und die Varianzaufklärung liegt bei 34.7% . Die Varianzanalyse weist auf einen höchst signifikanten Einfluss der unabhängigen Variablen hin ($p = .000$). Auf die Variable *Problemlösen* scheinen drei unabhängige Variablen einen hoch bis höchst signifikanten Einfluss zu haben: (1) *Alter* ($p = .002$), (2) *Materialsystem* ($p = .000$) und (3) *Vorerfahrungen* ($p = .006$). Die Beta-Gewichte weisen dem Materialsystem den stärksten Einfluss zu ($.488$), danach folgt *Alter* ($.298$) und schließlich *Vorerfahrungen* ($-.237$). Die Bedeutung/Wichtigkeit des Einflusses wird in der gleichen Reihenfolge angegeben: *Materialsystem* ($.506$), *Alter* ($.222$) und *Vorerfahrungen* ($.108$).

Kreatives Verhalten. In die Analyse wurden 125 gültige Fälle einbezogen (Gesamt $N = 246$, Fälle mit fehlenden Werten: 121). Der multiple Korrelationskoeffizient ist mit $.358$ niedrig und die Varianzaufklärung beträgt 3.5% . Die Ergebnisse der Varianzanalyse weisen den unabhängigen Variablen keinen Einfluss auf die Variable *Kreatives Verhalten* zu.

6.3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung der Zusammenhänge

Um die Zusammenhänge zwischen den Kontroll- und Zielvariablen zu untersuchen, wurde zunächst in einer Voranalyse überprüft, ob sich die Materialsystemgruppen im Hinblick auf die Varianzen der Kontrollvariablen als homogen erweisen.

Die Ergebnisse geben Grund zur Annahme, dass bei den Kontrollvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte und Vorerfahrungen* von der Homogenität der Varianzen ausgegangen werden kann, d. h. die Materialsystemgruppen sich bezüglich der Varianz nicht unterscheiden.

Im Hinblick auf das *Schlussfolgernde Denken* scheinen sich die Materialsystemgruppen zu unterscheiden. Den höchsten mittleren Rang erhält die Fischertechnik-Gruppe, gefolgt von Baumarkt-, der Lego- und der UMT-Gruppe.

Die Materialsystemgruppen scheinen sich auf der Ebene der Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ (i.e., *Zuversicht, Einstellungen, Wertungen* und *Interesse*) und den Vorerfahrungen nicht voneinander unterscheiden.

Im zweiten Schritt wurde überprüft, ob sich die Extremgruppen der Kontrollvariablen (besonders gering ausgeprägte Merkmale vs. besonders stark ausgeprägte Merkmale) in der Ausprägung der Merkmale *Aktuelle Motivation, Problemlösefähigkeit in der Bauphase* und *Kreatives Verhalten* voneinander unterscheiden. Die Extremgruppen der Kontrollvariable *Vorerfahrungen* weisen im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation* signifikante Unterschiede auf. Ebenfalls werden signifikante Unterschiede im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation* beim Vergleich der Extremgruppen der Kontrollvariable *Schlussfolgerndes Denken* ausgewiesen. Im Hinblick auf die *Aktuellen Motivation, das Problemlösen während der Bauphase* sowie das *Kreative Verhalten* werden im Vergleich der Extremgruppen der Kontrollvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte* keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Im Hinblick auf das *Problemlösen während der Bauphase* und das *Kreative Verhalten* scheinen sich die Extremgruppen der Kontrollvariablen *Vorerfahrungen* und *Schlussfolgerndes Denken* nicht zu unterscheiden.

Im dritten Schritt wurde der Einfluss der Kontroll- und Einflussvariablen auf die Zielvariablen untersucht. Die Analyse gibt Grund zur Annahme, dass die Variable *Materialsystem* den stärksten Einfluss sowohl auf die *Aktuelle Motivation* als auch auf das *Problemlösen während der Bauphase* hat. Auf das *Problemlösen während der Bauphase* scheinen sich *Alter* und *Vorerfahrungen* auszuwirken, allerdings in einem deutlich geringeren Maße. Auf die *Aktuelle Motivation* scheint das *Alter*, das *Geschlecht*, die *Vorerfahrungen*, die langfristig beeinflussbaren *Motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik* und das *Schlussfolgernde Denken* keinen Einfluss zu haben. Auf das *Problemlösen in der Bauphase* scheinen sich das *Geschlecht*, der affektive Bereich und das *Schlussfolgernde Denken* nicht auszuwirken. Darüber hinaus erweist sich der Einfluss der in die Analyse einbezogenen Kontroll- und Einflussvariablen auf die Ausprägung des *Kreativen Verhaltens* der Kinder als nicht signifikant. Die Abbildung 13 veranschaulicht die Zusammenhänge zwischen den Variablen.

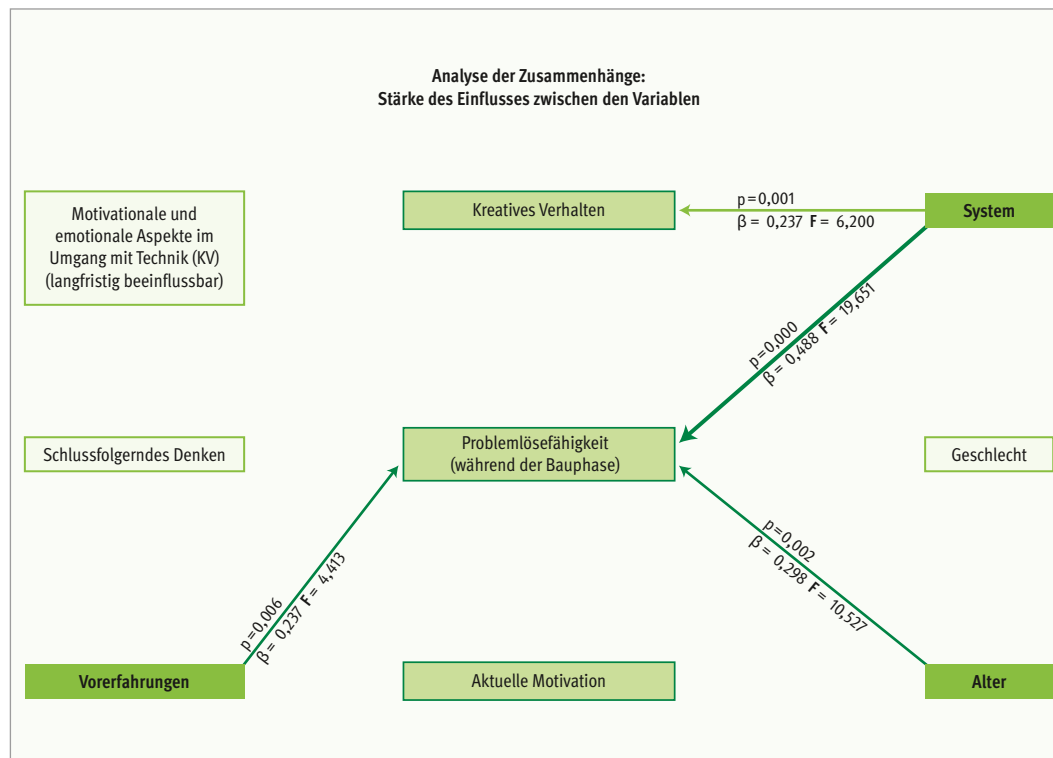


Abbildung 13. Analyse der Zusammenhänge. Ergebnisse der kategorialen Regression. (Die Pfeile stellen die signifikanten Zusammenhänge dar)

7. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie war, den Einsatz verschiedener technikdidaktischer Medien (Materialsysteme) auf die Entwicklung motivationaler und emotionaler Aspekte, auf das Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten sowie auf die technische Kreativität von acht- bis zehnjährigen Kindern zu vergleichen. Die Materialsysteme, die eingesetzt wurden, waren Fischertechnik, Lego, UMT-Materialien und -Vorrichtungen sowie Baumarktmaterialien und technische Alltagsgeräte.

Die Datenerhebung erfolgte in zwei Schritten. In einer Vorerhebung wurden die Kontrollvariablen zur Beschreibung der Stichprobe erhoben. In der Hauptuntersuchung konstruierten die Kinder mithilfe von den vier verschiedenen Materialsystemen eine Gummibärchenwurfmaschine.

7.1. Vorerhebung

In der Vorerhebung wurden Daten über die langfristig beeinflussbaren motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik, technisches Wissen (Vorerfahrungen) und die Basiskompetenzen erhoben. Die Ergebnisse für die langfristig beeinflussbaren Aspekte der Zieldimension „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“ lassen Unterschiede zwischen den Geschlechtern lediglich im Hinblick auf Zuversicht erkennen. Die Jungen sind bezüglich der eigenen technischen Fähigkeiten zuversichtlicher als die Mädchen.

Diese Ergebnisse sind konform mit den Forschungsergebnissen von Helmke, welcher Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellte, die auf unterschiedliche Ausprägung des Selbstkonzepts schließen lassen (vgl. Helmke, 1991, S. 94).

Sowohl bei den Wertungen und Einstellungen bezüglich des eigenen und fremden technischen Wissens als auch bei der Bedeutung von Maschinen für die menschliche Arbeit gab es zwischen den Geschlechtern keine Unterschiede. Auch im Hinblick auf das Interesse an technischen Tätigkeiten und das Interesse an technischen Berufen wurden zwischen Jungen und Mädchen keine Unterschiede festgestellt. Im Gegensatz dazu stehen vergangene Befunde, die auf Geschlechtsunterschiede bezüglich Interesse an Technik und technischen Fragestellungen hinweisen. Generell wurde bei den Mädchen ein geringeres Interesse festgestellt (vgl. Turja & Paas, 2011; Virtanen, Iko-

nen & Rasinen, 2011; Ziefle & Jakobs, 2009⁵²). Das schlussfolgernde Denken wurde als ein Aspekt der Zieldimension „*Übergreifende Basiskompetenzen*“ untersucht. Es wurden weder zwischen den Geschlechtern noch zwischen den Altersgruppen Unterschiede festgestellt.

Innerhalb der Zieldimension „*Technisches Wissen*“ wurden Vorerfahrungen mit Werkzeugen, Maschinen und Spielen erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Jungen häufiger Erfahrungen mit Werkzeugen und Spielen machen als die Mädchen. Dagegen gibt es bei den Vorerfahrungen mit Maschinen keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Diese Ergebnisse bestätigen die in der Forschungsliteratur aufgeführten Unterschiede zwischen den Geschlechtern, in denen berichtet wird, dass Jungen mehr Vorerfahrungen mit technischen Objekten haben als Mädchen, sich aber im Hinblick auf die Technikteilhabe nicht unterscheiden (vgl. Schmeinck & Kosack, 2003; Ziefle & Jakobs, 2009).

7.2. Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurde den Kindern eine Aufgabe gestellt, in der sie eine Gummibärchenwurfmaschine „erfinden“ sollten. Dabei standen den Kindern verschiedene Materialsysteme zur Verfügung. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Gruppen, welche mit den verschiedenen Materialsystemen arbeiteten, im Hinblick auf die Ausprägung der einzelnen Merkmale, die den Zieldimensionen „*Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik*“, „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ und „*Technische Kreativität*“ zuzuordnen sind, unterscheiden.

7.2.1 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Im Hinblick auf die Aspekte Interesse und Herausforderung bestehen Unterschiede zwischen den Materialsystemgruppen. Dabei wies die Baumarkt-Gruppe bei beiden Aspekten die höchsten Werte auf, gefolgt von der UMT-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe. Darüber hinaus war das Interesse für technische Aufgaben bei den Jungen stärker ausgeprägt als bei den Mädchen. Aufgrund dieser Ergebnisse kann angenommen werden, dass sowohl das allgemeine Interesse für technische Tätigkeiten und Aufgabenstellungen (vgl. Virtanen et al., 2011; Ziefle & Jakobs, 2009) als auch das aktuelle Interesse bei den Mädchen geringer ausgeprägt ist als bei den Jungen. Sowohl das Maß an Interesse als auch das Maß an Herausforderung stellen eher kurzfristig beeinflussbare motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik dar.

⁵² Zu Forschungsergebnissen siehe auch Kosack, Jeretin-Kopf und Wiesmüller (erscheint 2015).

Das Alter scheint lediglich in einem Zusammenhang mit der Misserfolgsbefürchtung zu stehen. Die Misserfolgsbefürchtung sank mit zunehmendem Alter. Diese Ergebnisse geben Grund zur Annahme, dass es einen Unterschied zwischen einer allgemeinen Leistungsabschätzung und einer aktuellen Misserfolgsbefürchtung gibt. Virtanen et al. (vgl. Virtanen et al., 2011, S. 65) stellten fest, dass mehr Mädchen als Jungen Angst davor haben, etwas Falsches zu tun. Dies bestätigen die Ergebnisse der aktuellen Studie nicht. Die Vermutung liegt nahe, dass sich der handelnde Umgang mit technischen Sachverhalten und konkreten Aufgabenstellungen positiv auf die Angst vor Misserfolg auswirkt und vor allem bei den Mädchen die Angst vor dem Misserfolg abnimmt.

Bisher ist keine weitere Studie bekannt, welche sich mit dem Einfluss verschiedener Materialsysteme auf die aktuelle Motivation beim Lösen technischer Probleme befasst. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie geben Grund zur Annahme, dass sich Materialien, welche handwerkliche Tätigkeiten erlauben und wenig vordefinierte Lösungsansätze bieten, sowohl auf das Interesse der Kinder als auch auf die Herausforderung positiv auswirken. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Vertrautheit mit den Materialien (wie dies z. B. bei Lego vorausgesetzt werden kann) für die Erfolgswahrscheinlichkeit nicht ausschlaggebend ist und das Vorhandensein fertiger Bauteile oder Halbzeuge die Misserfolgsbefürchtung nicht zwangsläufig mindert.

Die Analyse der Extremgruppen⁵³ ergab, dass bei den Kindern mit vielen Vorerfahrungen auch die aktuelle Motivation höher ist als bei den Kindern mit wenigen Vorerfahrungen. Dieser Befund bestätigt die bisherigen Annahmen, dass sich das Maß der Erfahrungen positiv auf das Interesse für Technik auswirkt (vgl. dazu Kosack, Jeretin-Kopf & Wiesmüller, erscheint 2015).

Interessant ist auch der Umstand, dass Kinder, die beim *Schlussfolgernden Denken* niedrigere Werte erlangten, ihre *Aktuelle Motivation* höher einschätzten als diejenigen, welche beim Schlussfolgern höhere Werte erlangten. Dies spricht dafür, dass solche technischen Aufgaben diejenigen Schüler motivieren, deren Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken geringer ausgeprägt ist.

Da anzunehmen ist, dass sich die Motivation förderlich auf die Umsetzung der Problemlösefähigkeit auswirkt, kann die Beschäftigung mit technischen Problemlöseaufgaben eine adäquate kognitive Förderung darstellen. Dies gilt auch unter dem Vorbehalt, dass es wohl keine generelle Problemlösefähigkeit gibt, sondern die Problemlösefähigkeit domänenspezifische Aspekte aufweist.

⁵³ Extremgruppen sind stets das erste und das fünfte Quintil der Stichprobe.

Interessant dürfte auch der Umstand sein, dass sich die Kinder, die eine extrem schwache oder eine extrem starke Ausprägung der Merkmale im Bereich der langfristig beeinflussbaren *Motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik (Zuversicht, Wertungen und Einstellungen, Interessen für technische Tätigkeiten und Berufe mit technischem Bezug)* zeigen, im Hinblick auf die *Aktuelle Motivation*, das *Problemlösen in der Fertigungsphase* und das *Kreative Verhalten* nicht unterscheiden. Daher kann angenommen werden, dass sich eine schwache Ausprägung der motivationalen und emotionalen Aspekte nicht mindernd auf Motivation, Problemlösefähigkeit und kreatives Verhalten auswirkt, wenn Kinder die Gelegenheit haben, sich als „Erfinder“ zu betätigen und technische Objekte nach eigenen Vorstellungen herzustellen. Dies spricht für eine gewisse Unabhängigkeit der aktuellen Motivation von den langfristig beeinflussbaren motivationalen und emotionalen Aspekten. Es bedeutet aber auch, dass selbst bei einer gering ausgeprägten positiven Einstellung gegenüber den technischen Sachverhalten und entsprechendem Interesse durch geeignete Aufgabenstellungen der Erwerb von kognitiven Verhaltensdispositionen durchaus beeinflusst werden kann.

7.2.2 Technische Denk- und Handlungsweisen beim Nutzen verschiedener Materialsysteme

Es ist in der einschlägigen Literatur keine Studie bekannt, in welcher der Prozess des „Erfindens“ vom Erstellen eines Entwurfes bis hin zur Fertigstellung des Objekts bei den Kindern im Grundschulalter untersucht wurde. Ziel der vorliegenden Studie war es zu prüfen, ob sich anhand der Nutzung verschiedener Materialsysteme die technischen Denk- und Handlungsweisen während des gesamten Prozess des „Erfindens“ unterscheiden und Einfluss auf diesen nehmen.

Über 90% der Kinder konnten erfolgreich eine Wurfmaschine konstruieren und fertigen. Dies spricht für ein angemessenes Anspruchsniveau der Aufgabe und ist ein Beleg dafür, dass acht- bis zehnjährige Kinder über die kognitiven und motorischen Fähigkeiten verfügen, die es ihnen erlauben, einen Wirkmechanismus zu planen und zu fertigen, der den Anforderungen der Aufgabe (eine Wurfmaschine zu konstruieren und fertigen) gerecht wird.

In der vorliegenden Studie wurden die Ideen der Kinder zunächst zeichnerisch zum Ausdruck gebracht. Diese Zeichnungen geben Aufschluss über die von den Kindern geplanten Wirkmechanismen und deren Anspruchsniveau. Die didaktischen Überlegungen von Sachs, der den Zeichnungen im Prozess des „Erfindens“ einen besonderen Stellenwert zuschreibt, da sie Informationen über etwas real noch nicht Existierendes

liefern, das als eine Idee, als geistiger Entwurf vorhanden ist, konnten empirisch bestätigt werden (vgl. Sachs, 1985, S. 37). Die Ergebnisse bestätigen auch die Aussage von Faulstich (vgl. Faulstich, 1992, S. 8, 9), dass Kinder bereits in der Grundschule in der Lage sind, zeichnerisch konstruktive Prinzipien von Maschinen darzustellen.

Im Fokus der Studie stand die Frage, ob verschiedene Materialsysteme einen Einfluss auf den Prozess des „Erfindens“, den *Design Process*, haben. Zwischen den Materialsystemgruppen wurden signifikante Unterschiede bei allen Variablen festgestellt, die dem Bereich der technischen Denk- und Handlungsweisen zugeordnet wurden. Die Analyse der *Wirkmechanismen* ergab, dass sowohl bei den Entwürfen als auch bei den Objekten die Vielfalt der von den Kindern entworfenen Wirkmechanismen größer ist, wenn ihnen verschiedenartige und vielseitiger kombinierbare Materialien zur Verfügung stehen (Baumarktmaterialien) als bei den anderen drei Materialsystemen. Durch die Ergebnisse konnte eine weitere Differenzierung der Materialien vorgenommen werden: Im Hinblick auf die Vielfalt der Wirkmechanismen sind Baumarktmaterialien den UMT-Materialien überlegen und bei Lego ist die Vielfalt der Wirkmechanismen größer als bei Fischertechnik.

Die Unterschiede im Anspruchsniveau der Konstruktionen, dem *Schwierigkeitsgrad*, waren zwischen der Baumarkt-Gruppe und der Fischertechnik-Gruppe am deutlichsten, wobei die Baumarkt-Gruppe die Konstruktionen mit einem höheren Schwierigkeitsgrad aufwies. Darüber hinaus zeigte sich, dass sich die Kinder in diesem Alter bei der Planung auf die funktionalen Zusammenhänge konzentrieren und in den Entwürfen kaum Hinweise auf zusätzliche Mechanismen oder Befestigungsmöglichkeiten berücksichtigen.

Die Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass bei den Materialsystemen, die stabile Verbindungen ermöglichen, wie dies bei Fischertechnik und UMT der Fall ist, die Funktionalität der Objekte besser ist, als bei den Materialsystemen Baumarktmaterialien und Lego, bei denen diese Lösungsmöglichkeiten nicht gegeben sind.



Sowohl in der Planungs- als auch in der Fertigungsphase gab es zwischen den Materialsystemgruppen signifikante Unterschiede im Hinblick auf einzelne Aspekte der Problemlösefähigkeit.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Planungsphase die meisten Fragen bei der Fischertechnik-Gruppe auftraten, gefolgt von der Lego-, UMT- und der Baumarkt-Gruppe. Dies legt die Vermutung nahe, dass Kinder während der Planungsphase Probleme bei den vorhandenen Konstruktionsideen erkennen, wenn die Spielräume für konstruktive Lösungen am geringsten sind oder unbekannte Materialien und Lösungsansätze vorhanden sind. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist der situative und kommunikative Rahmen, in dem die Kinder ihre Anmerkungen zu den Entwürfen anderer Kinder äußerten, von Bedeutung. Zwischen der Planung der Entwürfe und der Herstellung der Objekte fand ein Diskurs über die Zeichnungen der Kinder statt, in dem die Kinder ihre Entwürfe zunächst der Gruppe vorstellten und dann für Fragen und Anmerkungen zur Verfügung standen. Im Diskurs wird die Aufmerksamkeit auf bestimmte Sachverhalte gelenkt und mit den Diskursteilnehmern geteilt (vgl. dazu (vgl. Tomasello, 2003, S. 50 ff.; Tomasello, 2008, S. 107, 108, 343). Die sprachliche Interaktion über die von den Kindern berücksichtigten Sachverhalte zeigte, dass die Aufmerksamkeit der Kinder meist dem Wirkmechanismus galt.

Die Kinder konnten sich nach dem Diskurs über die geplanten Objekte frei entscheiden, ob sie bei ihrer ursprünglichen Planung bleiben oder sie verwerfen. In dieser Hinsicht wurden zwischen den Materialsystemgruppen keine Unterschiede festgestellt. Damit wurde die Hypothese bestätigt, dass Kinder in allen Materialsystemgruppen potenzielle Probleme bereits im Vorfeld (in den Diskussionsrunden) erkennen können und sich für eine Umsetzung entscheiden, welche ihnen weniger problematisch oder aus einem anderen Grund attraktiver erscheint.

In der Fertigungsphase standen die Kinder vor Problemen, die sich aus der konkreten Umsetzung ihrer Vorhaben ergaben und für die alternative Lösungsmöglichkeiten gefunden werden mussten. Kinder der Baumarkt-Gruppe fanden die meisten Lösungsmöglichkeiten gefolgt von der Fischertechnik-, der UMT- und der Lego-Gruppe. Allerdings waren die Unterschiede nicht nur zwischen den Materialgruppen, sondern auch zwischen den Geschlechtern festzustellen. Bei den Mädchen waren höhere Werte im Hinblick auf die Problemlösefähigkeit zu verzeichnen als bei den Jungen. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass ältere Kinder beim Erkennen und Lösen der Probleme höhere Werte aufweisen als jüngere.

7.2.3 Technische Kreativität

Als ein Teil der *Technischen Kreativität* wurden verschiedene Aspekte des *Kreativen Verhaltens* untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Unterschiede im *Kreativen Verhalten* sowohl zwischen den Materialsystemgruppen als auch zwischen den Geschlechtern bestanden. Die Materialsystemgruppen unterschieden sich in Ausdauer und Zielstrebigkeit, wobei die Kinder der UMT-Gruppe die ausdauerndsten und zielstrebigsten waren, gefolgt von den Kindern der Bau-, der Lego- und der Fischertechnik-Gruppe. Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestanden einerseits im Hinblick auf die Originalität, die bei den Jungen stärker ausgeprägt war, und andererseits im Hinblick auf das Interesse für das Geschehen in der Gruppe, das wiederum bei den Mädchen stärker ausgeprägt war. Neben dem *Kreativen Verhalten* umfasst die „*Technische Kreativität*“ auch Aspekte der Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“. Vor allem die technischen Denk- und Handlungsweisen, welche sich auch im Problemlöseverhalten äußern und produktbezogene Aspekte umfassen, sind als Bestandteil dessen zu betrachten, was als *Technische Kreativität* bezeichnet wird. Ausführliche Anmerkungen zum Thema *Technische Kreativität* sind nachzulesen in Kosack et al. (Kosack et al., erscheint 2015). Wie in der Expertise von Kosack et al. dargelegt, sollte ein Instrument, welches einzelne Faktoren des Konstrukts *Technische Kreativität* erfasst, folgende Variablen betrachten:

- Persönlichkeitsaspekte, die hier als das *Kreative Verhalten* beschrieben und erfasst wurden,
- Problemlöseideen, die in der vorliegenden Studie in den *Wirkmechanismen der Entwürfe* ihren Ausdruck erhielten,
- Fragen und Probleme der Kinder beim Umsetzen der Problemlösung und
- *Wirkmechanismen der Objekte*.

Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse der vorliegenden Studie unter der Perspektive der *Technischen Kreativität* ist festzustellen, dass sich das Materialsystem deutlich auf die einzelnen Aspekte der *Technischen Kreativität* auswirkt. Sowohl bei den *Wirkmechanismen der Entwürfe* und *der Objekte* als auch beim Problemlösen während der Bauphase ist es stets die Baumarkt-Gruppe, welche die höchsten Werte erlangt. Betrachtet man dagegen das *Kreative Verhalten*, lassen sich die Unterschiede zwischen den Gruppen, wie bereits oben ausgeführt, lediglich bei den beiden Aspekten *Ausdauer* und *Zielstrebigkeit* feststellen, bei denen die UMT-Gruppe die höchsten Werte erhält.

Die meisten Kreativitätstests versuchen, das kreative Potential der Probanden zu messen. In der vorliegenden Studie liegt dagegen das Augenmerk auf der Performanz, also auf den sichtbaren und beobachtbaren Verhaltensweisen und dem Produkt, das innerhalb des *Design Process* geschaffen wurde. Zusammenfassend betrachtet, scheint das Geschlecht dabei kaum eine Rolle zu spielen. Was sich auf die Ausprägung der Technischen Kreativität auswirkt, sind die Materialien, welche den Kindern zur Lösung der Aufgabe zur Verfügung stehen. Eine vielfältige Auswahl an Materialien und Bearbeitungsmöglichkeiten scheint sich auf die *Technische Kreativität* positiv auszuwirken.

7.2.4 Untersuchung der Zusammenhänge

Bei der untersuchten Zieldimension „*Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten*“ traten signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf die Problemlösefähigkeit auf. Mädchen wiesen hier höhere Werte auf, was dafür spricht, dass sie öfter als Jungen eine Gegebenheit als Problem wahrgenommen und das Problem gelöst haben. Weder im Hinblick auf die Wirkmechanismen noch auf das Anspruchsniveau waren zwischen den Geschlechtern signifikante Unterschiede festzustellen.

Allerdings scheint es zwischen den Jungen und den Mädchen hinsichtlich einzelner Aspekte des kreativen Verhaltens Unterschiede zu geben: Den Jungen wurde ein höheres Maß an Originalität zugesprochen, während bei den Mädchen eher ein größeres Interesse an dem Geschehen in der Gruppe beobachtbar war. Allerdings heben sich diese Unterschiede bei der Gesamtauswertung des kreativen Verhaltens auf, sodass sich das kreative Verhalten von Jungen und Mädchen in einer Gesamtbetrachtung nicht unterscheidet. In Bezug auf die einzelnen Aspekte des kreativen Verhaltens wurden zwischen den Altersgruppen keine Unterschiede festgestellt.

Allerdings scheint das Alter im Zusammenhang mit der Problemlösefähigkeit zu stehen, die Mittelwerte der Gruppen stiegen signifikant mit zunehmendem Alter. Somit weist die Problemlösefähigkeit (während der Bauphase), Unterschiede im Hinblick auf das Materialsystem, das Geschlecht und das Alter auf. Es stellt sich daher die Frage, wie stark der Einfluss der betreffenden Variablen ist.

Im Vorfeld wurde die Annahme geäußert, dass sich die *Motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik*, das *schlussfolgernde Denken* und die *Vorerfahrungen* ebenfalls auf die *Aktuelle Motivation* und einzelne Bereiche der *Technischen Denk- und Handlungsweisen* auswirken.

Die Ergebnisse zum Einfluss der Kontroll- und Einflussvariablen auf die Zielvariablen können lediglich als Interpretationshilfe, nicht als Beweis kausaler Zusammenhänge betrachtet werden. Sie deuten darauf hin, dass weder das schlussfolgernde Denken noch die langfristig beeinflussbaren motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit Technik einen Einfluss auf die aktuelle Motivation und die Problemlösefähigkeit während der Bauphase oder das kreative Verhalten haben.

Neben Vorerfahrungen, die einen Einfluss auf die Ausprägung der Problemlösefähigkeit zu haben scheinen, spielen auch das Alter der Kinder und die Art der Materialsysteme eine Rolle. Der Einfluss des Materialsystems scheint dabei der wichtigste zu sein. Zwischen den Geschlechtern wurden zwar Unterschiede im Hinblick auf das Problemlöseverhalten festgestellt, die Ergebnisse der kategorialen Regression weisen aber dem Geschlecht keinen signifikanten Einfluss zu.

Der einzige Faktor, der sich auf die aktuelle Motivation auszuwirken scheint, ist das Materialsystem. Allen anderen Faktoren wurde durch die Analyse kein signifikanter Einfluss zugesprochen.

7.3. Fazit

Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, welche Unterschiede sich beim Umgang mit verschiedenen technikdidaktischen Medien (i.e. Materialsystemen) im Hinblick auf die einzelnen Zieldimensionen technischer Bildung feststellen lassen.

Viele Faktoren, die zu einer didaktischen Entscheidung über die Wahl des Materialsystems beitragen, wurden nicht berücksichtigt: bspw. der Zeitaufwand bei der Bereitstellung und beim Aufräumen der Materialien, Sicherheitsaspekte, finanzieller Aufwand und der Motivationsaspekt, wenn Kinder die hergestellten Objekte mit nach Hause nehmen können. Das Augenmerk der gewählten Messinstrumente war ausschließlich auf das Kind gerichtet. Außerdem sind die Ergebnisse lediglich im Zusammenhang mit der an die Kinder gestellten Konstruktions- und Fertigungsaufgabe zu sehen. Es ist durchaus denkbar, dass sich bei einer anderen Aufgabenstellung eine andere Ausprägung der Merkmale feststellen lässt.

Ein Fazit kann dennoch gezogen werden:

Für eine erfolgreiche Auseinandersetzung mit technischen Aufgabenstellungen in der Grundschule scheint die *Gestaltung der Lernumgebung* wichtiger zu sein als die

Differenzen in den Lernvoraussetzungen. Die Kinder kommen mit unterschiedlichen Voraussetzungen in die Schule. Eine Lernumgebung, die den Kindern eine Vielfalt an Lösungsmöglichkeiten eröffnet, die zur Bewältigung der Aufgabe beitragen können, trägt sowohl zur Motivation als auch zur Förderung der Problemlösefähigkeit bei.

Will man in der frühen technischen Bildung Lernprozesse erfolgreich gestalten, dann ist es empfehlenswert, nicht nach problemfreien Situationen zu suchen, sondern Situationen so zu gestalten, dass sich daraus Probleme ergeben können, die von den Kindern möglichst selbstständig und/oder in Kooperation gelöst werden können.



Technikdidaktische Methoden – Einfluss verschiedener technikdidaktischer Methoden auf die kindliche Motivation und technikspezifische Denk- und Handlungsweisen

Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller

1. Theoretischer Hintergrund
2. Fragestellungen und Hypothesen
3. Design und Methodik
4. Beschreibung der Instrumente
5. Statistische Auswertung
6. Ergebnisse
7. Diskussion

Technikdidaktische Methoden – Einfluss verschiedener technikdidaktischer Methoden auf die kindliche Motivation und technikspezifische Denk- und Handlungsweisen

Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack und Christian Wiesmüller

1. Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Hintergrund von Studie 2⁵⁴ basiert wie der von Studie 1 auf der Expertise von Kosack, Jeretin-Kopf und Wiesmüller „Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ (2015, in diesem Band). Im Vorfeld der Studie wurden Zieldimensionen technischer Bildung für Kita- und Grundschulkindern formuliert, welche folgenden Bereiche umfassen:

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik,
- Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten,
- Technische Kreativität,
- Technisches Wissen und
- Übergreifende Basiskompetenzen.

Jede dieser Zieldimensionen umfasst weitere Aspekte, welche bereits in der einleitenden Expertise beschrieben wurden (siehe Anhang 1.1 „Zieldimensionen technischer Bildung für Kita- und Grundschulkindern“). Die vorliegende Studie fokussiert auf die Zieldimensionen „Motivationale und emotionale Aspekte“ und „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ und greift dabei insbesondere die Unterasspekte *Aktuelle Motivation* und *Technische Denk- und Handlungsweisen* auf. Im Rahmen der Studie wird der Frage nachgegangen, ob sich verschiedenartige technikdidaktische Methoden, wie z.B. *Fertigen nach Plan*, *Technisches Experimentieren* und *Freies Konstruieren* auf die oben genannten Aspekte der Zieldimensionen auswirken.

Die in der Studie relevanten Aspekte der Zieldimensionen sowie die angewandten technikdidaktischen Methoden werden in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

⁵⁴ Einige Textstellen und Forschungsergebnisse wurden bereits veröffentlicht in: Jeretin-Kopf, M. (2013). „Kinder als Tüftler und Erfinder“ – Denken und Handeln innerhalb eines technikdidaktischen Kontextes. In Verein der Förderer der Schulhefte (Hrsg.), *Schulheft, 150. Technische Bildung* (S. 82–97). Wien: Studien Verlag.

1.1 Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik

Der theoretische Hintergrund zu den motivationalen und emotionalen Aspekten im Umgang mit Technik wurde bereits im Forschungsbericht der Studie 1 erläutert (Jeretin-Kopf, Kosack und Wiesmüller, 2015, in diesem Band).

1.2 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten

Im Umgang mit technischen Sachverhalten werden drei Aspekten eine zentrale Bedeutung beigemessen: den technischen Denk- und Handlungsweisen, der Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte und den allgemeinen wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen.

In der vorliegenden Studie liegt das Augenmerk auf den technischen Denk- und Handlungsweisen, welche bei der Herstellung der Artefakte von Bedeutung sind. Vereinzelt findet man Definitionen oder Erläuterungen, welche sich auf den Begriff des technischen Handelns beziehen wie bei Bienhaus und Radermacher (2009), die das technische Handeln als den Prozess beschreiben, der Technik hervorbringt und damit auch die Mittel, welcher sich der Mensch bei den technischen Handlungen bedient (vgl. Bienhaus & Radermacher, 2009, S. 107). In den achtziger Jahren wurde die Aufforderung nach einem handlungsorientierten Unterricht laut, der durch das an der Alltagswirklichkeit orientierte praktische Handeln den Schülerinnen und Schülern den Sinn der Bildungsinhalte zu vermitteln suchte (vgl. Fauser, Fintelman & Flitner, 1991). Häufig konzentrierten sich die pädagogischen Ziele solcher handlungsorientierten Projekte eher auf die soziale und personale als auf die fachliche Ebene. Nach PISA wurden Kompetenzmodelle entwickelt, welche die anzustrebenden Handlungskompetenzen der Schülerinnen und Schüler benannten. Sieht man sich die auf der Basis des Kompetenzmodells entwickelten Standards an, so fällt auf, dass das technische Handeln auf die Beherrschung von fachpraktischen Fertigkeiten reduziert wurde (vgl. bspw. Theuerkauf, 2009, S. 21,24; Willenberg, 2001, S. 12) Hoenen wendet sich gegen die Beschränkung des Technisches Handelns auf das „Machen“ und definiert das technische Handeln als das „strukturierte und geplante Vorgehen, um ein gestelltes Problem zu einer für den Anwender und/oder weiteren Nutzern sinnvollen Lösung zu führen“ (Hoenen, 2009, S. 32).

Für Wiesenfarth ist die technische Handlung ein Prozess, der von der Wahrnehmung des Problems und der Zielformulierung über die Vergegenwärtigung des Wissens, die Erstellung des Entwurfs und die Planung des Ablaufs bis zur praktischen Ausführung und Bewertung des Gefertigten reicht (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 32, 33). Der Autor wendet sich gegen die häufige Beschränkung auf die ikonische und symbolische Ebene der Wissensvermittlung und verweist auf die Notwendigkeit der Wissensaneignung durch den handelnden Umgang mit Problemen (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 31). Nur in diesem Gesamtprozess ist das technische Handeln zu sehen und es kann nicht auf die konkrete Tätigkeit des Gebrauchs und Herstellens reduziert werden (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 33, 37). Die technische Handlung sieht Wiesenfarth in einen Hintergrund eingebettet, der die Bedingungen des Handelns definiert, wozu bspw. die Verfügbarkeit der Materialien, das vorhandene Wissen, Wertvorstellungen, die Gestaltung des Entstehungsprozesses und der lebensweltliche Hintergrund gehört, aus dem sich die technischen Probleme ergeben (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 35, 36). Er stellt die Frage, ob aus der didaktischen Perspektive es nicht doch sinnvoll wäre, den Prozess der technischen Handlung in Phasen zu gliedern, wie beispielsweise die der Planung und die der Ausführung (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 37). Eine solche Phaseneinteilung betrachtet er vor allem für die Grundschule als nicht gewinnbringend, da bei den Kindern in der Primarstufe die Planung einer Handlung und deren Ausführung nicht voneinander getrennt erfolgen können – was sich im Probedenken besonders deutlich zeigen würde (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 37). Das „elementare technische Handeln“ (Wiesenfarth, 1992, S. 37), in dem die Phasen des Planens, Entwerfens, Herstellens und Bewertens nicht voneinander getrennt sind, bilden laut Wiesenfarth die Grundlage für die kognitive Entwicklung des Kindes, das erst in einer späteren Phase die Handlungen antizipieren und das praktische Tun von seinem Wissen lösen kann (vgl. Wiesenfarth, 1992, S. 37).

Dass Kinder in der Grundschule in der Lage sind, technische Probleme zu erkennen und zu lösen, scheinen empirische Befunde zu bestätigen (vgl. bspw. Beinbrech, 2003) Wenig erforscht ist dagegen die Frage, zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen die Kinder in der Grundschule fähig sind.

Im Rahmen dieser Studie wurden folgende Denk- und Handlungsweisen definiert, welche in verschiedenen technikdidaktischen Kontexten ihre Anwendung finden können:

- Technische Probleme erkennen,
- Lösungsideen entwickeln,
- Ideen kommunizieren,
- Ideen grafisch darstellen/Skizzen zeichnen,

- grafische Darstellungen verstehen/Skizzen lesen,
- Materialeigenschaften erkunden,
- geeignete Materialien auswählen,
- Fertigungsabläufe planen,
- Fertigungsabläufe durchführen,
- Fertigungsabläufe überprüfen,
- technische Verfahren zielgerichtet anwenden.

Die zentrale Frage der vorliegenden Studie lautet, zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen die Kinder in der Grundschule im Rahmen verschiedener technikdidaktischer Methoden befähigt werden bzw. zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen sie fähig sind. Im Folgenden werden die technikdidaktischen Methoden beschrieben, die in dieser Studie Anwendung fanden.

1.3 Technikdidaktische Methoden

Unterrichtsmethoden werden als „Strategien zur Steuerung und Anregung von Lernprozessen im Unterricht“ (Wilkening, 1995, S. 145) beschrieben. Ihre Funktion besteht darin, die Unterrichtsprozesse so zu strukturieren, dass eine zusammenhängende Folge von Denk- und Handlungsschritten besteht (vgl. Schmayl, 1999, S. 6). Wilkening sieht die Notwendigkeit zur Anwendung vielfältiger Methoden im Unterricht in dem Umstand begründet, dass in den institutionalisierten Lernumgebungen natürliche Lernanlässe fehlen, das Lernen in einem praxisfernen und handlungsarmen Schonraum der Schule stattfindet, die Kenntnisse unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte vermittelt werden sollen und den Motivationsschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler damit begegnet werden kann (vgl. Wilkening, 1995, S. 146). In der technikdidaktischen Literatur gibt es verschiedene Ansätze, technikdidaktische Methoden zu beschreiben und zu strukturieren (vgl. dazu bspw. Henseler & Höpken, 1996; Ulrich & Klante, 1973; Wilkening, 1995). Auch wenn insgesamt große Übereinstimmung zwischen den Darstellungen vorhanden ist, so gibt es doch Unterschiede in der Nennung der Methoden und ihrer Beschreibung.

Die vorliegende Studie orientiert sich an der Methodik des Technikunterrichts von Schmayl (Schmayl, 2010, S. 218 f.). Im Folgenden wird die wesentliche Grundstruktur dieser Methodik kurz vorgestellt.

Sowohl Wilkening als auch Schmayl betonen, dass es sich bei der Beschreibung der Methoden um eine Beschreibung der „methodischen Grundrichtungen“ handelt, welche in der Unterrichtspraxis flexibel zu handhaben sind (vgl. Schmayl, 2010, S. 218 f.; Wilkening, 1995, S. 149).

Schmayl unterscheidet zwei Lernrichtungen: das genetisch-produktive Lernen und das instruierend-analytische Lernen. Bei den Methoden des genetisch-produktiven Lernens liegt der Schwerpunkt in der selbstständigen Bearbeitung des Lerngegenstandes seitens des Schülers, während bei den Methoden des instruierend-analytischen Lernens sowohl die Inhalte als auch die Denk- und Handlungsprodukte vorgegeben sind (vgl. Schmayl, 2010, S. 115 f.).

Zusätzlich zu den Lernrichtungen werden zwei Gegenstandsdimensionen benannt, welche sich im Gegenstand der Erschließung unterscheiden: Die Methoden der Sachdimension eignen sich zur Erschließung der Sachtechnik, während die Methoden der Humandimension dagegen eher der Erschließung der sozio-technischen Zusammenhänge dienen (vgl. Schmayl, 2010, S. 114 f.). Tabelle 36 veranschaulicht die Ordnung methodischer Grundformen nach Schmayl.

		Lernrichtungen	
		genetisch produktives Lernen	instruierend-analytisches Lernen
Gegenstandsdimensionen	Sachdimension erschließend	Experiment Konstruktionsaufgabe Fertigungsaufgabe Instandhaltungsaufgabe Recyclingaufgabe	Lehrgang Produktanalyse
	Humandimension erschließend	Projekt Fallaufgabe Planspiel	Erkundung Technikstudie

Tabelle 36: Ordnung methodischer Grundformen des Technikunterrichts nach Schmayl (vgl. Schmayl, 2010, S. 214)

Als technikdidaktische Methoden, welche sich für den Unterricht in der Primarstufe eignen würden, führen Ulrich und Klante (1973) folgende vier auf:

- das Probieren, Suchen, Kombinieren und experimentelle Erkunden in Form des spielerischen Lernens,

- das selbstständige Lösen von technischen Problemaufgaben durch elementares Konstruieren, Gestalten, Experimentieren, Entdecken und Erfinden, Nacherfinden und Erforschen,
- das Reflektieren der eigenen Tätigkeit und der Arbeitsergebnisse in Form des Beschreibens, Vergleichens, Zeichnens, Messens und Erklärens,
- das analysierende Betrachten, Beurteilen und Verstehen realer technischer Objekte und Prozesse (vgl. Ulrich & Klante, 1973, S. 13).

Für die vorliegende Studie wurden drei der technikdidaktischen Methoden ausgewählt, die in ihrer Reinform nun beschrieben werden:

- die Fertigungsaufgabe
- das technische Experiment und
- die Konstruktionsaufgabe.

1.3.1 Die Fertigungsaufgabe

Schmayl beschreibt die Fertigungsaufgabe als „*das technisch-wirtschaftliche Realisieren von Konstruktionen*“ (Schmayl, 1984, S. 5). Sie wird eingeordnet in die genetisch-produktive Grundrichtung, da sie sich auf „ganzheitliche Stücke herstellenden Technikunterricht“ (Schmayl, 1984, S. 5) bezieht. Schmayl weist der Herstellungsaufgabe zwei Aktionsschwerpunkte zu: die geistige Vorwegnahme der Fertigung und die Fertigung selbst (vgl. Schmayl, 1984, S. 6). Das Planen und Realisieren unterliegt dabei folgenden Leitlinien:

- technische Umsetzung der Konstruktion (technologische Zielsetzung),
- rationelle Umsetzung der Konstruktion (herstellungsökonomische Zielsetzung),
- nebenwirkungsarme Umsetzung der Konstruktion (arbeitsoptimierende und schadensminimierende Zielsetzung) (vgl. Schmayl, 1984, S. 7).

Schmayl benennt auch drei Elemente des Planens und Realisierens, welche unterschiedlich kombiniert in konkreten Fertigungsaufgaben zusammenfließen:

- materialtechnische Inhalte, zu denen Ausgangsstoffe, Verfahren der Fertigung und Kontrolle sowie Fertigungsmittel gehören,
- fertigungsstrukturelle Inhalte, die Fertigungsarten, Fertigungsorganisation und das Technisierungsniveau umfassen,
- arbeitsbezogene Inhalte, zu denen Arbeitsbedingungen und Arbeitsabläufe gehören (vgl. Schmayl, 1984, S. 7).

Die Verlaufsstruktur der Fertigungsaufgabe umfasst einen Planungsteil und einen Realisierungsteil. Der Planungsteil umfasst das Stellen eines Fertigungsauftrags, das Klären des Auftrags und das Konzipieren der Fertigung (vgl. Schmayl, 1984, S. 8). Der Realisierungsteil umfasst die Vorbereitung, die Ausführung und die Auswertung der Fertigung (vgl. Schmayl, 1984, S. 8). Schmayl (1984) betont hier – wie auch bei anderen methodischen Grundformen –, dass die Fertigungsaufgabe je nach didaktischem Kontext in ihrer Gestalt variieren kann und vielfältige didaktische Ausformungen im Hinblick auf die Planung, Arbeitsorganisation oder Fertigung erhalten kann.

1.3.2 Das technische Experiment

Beim Experimentieren im Technikunterricht rufen die Schüler, „wie es auch bei den Experimenten in der Technik geschieht, unter festgelegten, kontrollierten Bedingungen an technischen Objekten gezielt bestimmte Erscheinungen hervor, um tiefere Einsichten in Eigenschaften, Wirkungsweisen, Einsatzmöglichkeiten technischer Gegenstände und Vorgänge zu erhalten“ (Schmayl, 1981, S. 301). Experimente, welche im Rahmen eines Technikunterrichts stattfinden, zeichnen sich dadurch aus, dass der Experimentierprozess von der Lehrkraft initiiert und gesteuert wird (Schmayl, 1981, S. 303).

Schmayl unterscheidet im Verlauf des Experimentablaufs drei Schwerpunkte, welche dann weiter ausdifferenziert werden⁵⁵:

1. Versuchsvorbereitung:
 - a. Gewinnen eines Erkenntnisproblems,
 - b. Entfalten des Problems (Hypothesenbildung),
 - c. Planen von Versuchen;
2. Versuchsdurchführung:
 - a. Aufbauen der Versuchsanordnung,
 - b. Realisieren des Versuchsprogramms;
3. Versuchsauswertung:
 - a. Bearbeiten der Versuchsdaten,
 - b. Formulieren der Problemlösung (Erkenntnis),
 - c. Einordnen und Anwenden der Erkenntnis (vgl. Schmayl, 1981, S. 309)

⁵⁵ Eine etwas andere Einteilung der Verlaufsphasen des technischen Experiments ist bei Wilkening zu finden, der fünf Phasen unterscheidet: (1) Fragestellung und Einstieg, (2) Hypothesenbildung, (3) Planung der Versuchsanordnung, (4) Durchführung des Experiments und (5) Auswertung (vgl. Wilkening (1995, S. 154)). Henseler und Höpken führen zusätzlich zu der Einteilung von Wilkening noch den Bau der Versuchsanordnung als eine weitere Phase auf (vgl. Henseler und Höpken (1996, S. 87)).

Die Formen des technischen Experiments lassen sich unterscheiden nach ihrer didaktischen Funktion, nach dem Grad der Anweisungsgebundenheit, nach der Sozialform der Arbeitsorganisation oder nach Themenschwerpunkten (Wilkening, 1995, S. 154).

1.3.3 Die Konstruktionsaufgabe

Die Konstruktionsaufgabe steht bei der Lösung eines technischen Problems im Vordergrund. Sie dient dem zweckmäßigen Erfinden, Entwerfen und Konstruieren (vgl. Wilkening, 1995, S. 150) bzw. Gestalten (vgl. Henseler & Höpken, 1996, S. 66). Wilkening legt folgende Verlaufsphasen der Konstruktionsaufgabe zugrunde:

- Einstieg durch eine technische Problemstellung,
- Klären der Problemstellung,
- Sammeln von Informationen,
- Erfindungsprozess (evtl. mit Werkskizzen, Probehandlungen und Teilerperimenten),
- Entwurf (evtl. mit einer Werkzeichnung objektiviert),
- Konstruktion (einschließlich Arbeitsplanung und Herstellung),
- Erprobung und Beurteilung,
- Auswertung, die über die am Einzelbeispiel gewonnenen Erfahrungen hinaus zum Verständnis übergreifender Systeme führt (vgl. Wilkening, 1995, S. 151).

Ähnlich ist die Einteilung der Verlaufsphasen auch bei Henseler und Höpken, die sie wie folgt darstellen:

- Problem- und Aufgabenstellung,
- Sammeln von Informationen,
- Erfinden und Entwerfen,
- Herstellen,
- Erproben und Beurteilen,
- Auswerten (vgl. Henseler & Höpken, 1996, S. 70)

Die Konstruktionsaufgabe zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die Schüler selbstständig nach der Problemlösung suchen (vgl. Henseler & Höpken, 1996, S. 66; Wilkening, 1995, S. 151).

Sowohl bei Wilkening als auch bei Henseler und Höpken schließt das Konstruieren die Herstellung und das Zusammenfügen der einzelnen Bauteile zu einem Ganzen

ein. Drube weist auf die verschiedenen Definitionen des Konstruierens hin, wobei drei Extreme unterschieden werden können: von „erbauen, erfinden, gestalten“ über das „rein geistig vorgestellte Gebilde“ bis zu der Beschränkung auf das „fertige Erzeugnis“ (Drube, 1978). Das Ergebnis einer Konstruktionsaufgabe kann ein Modell, eine Skizze oder eine Konstruktionszeichnung sein (vgl. Pahl, 2008).

2. Fragestellungen und Hypothesen

2.1 Fragestellungen

Das Ziel der Studie war es, unter Konstanthaltung des technischen Materialsystems den Einsatz verschiedener technikdidaktischer Methoden zu vergleichen. Es wurde angenommen, dass die technikdidaktischen Methoden einen Einfluss auf einzelne Aspekte zentraler Zieldimensionen technischer Bildung haben. Die Expertise „Zieldimensionen früher technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ von Kosack et al. (2015, in diesem Band) beschreibt die Zieldimensionen, welche im Rahmen der technischen Bildung sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der Fachkräfte anzustreben sind.

In der vorliegenden Studie steht das Kind im Zentrum des Forschungsinteresses. Untersucht wird mittels variierender technikdidaktischer Methoden die Sicht der Kinder und der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte auf die Zieldimensionen „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ sowie „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ (siehe Anhang 4).

1. Bei der Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ wurde der Frage nachgegangen, ob sich die technikdidaktischen Methoden auf die aktuelle Motivation der Kinder während der aktiven Auseinandersetzung mit technischen Inhalten auswirken. Zur Messung der *Aktuellen Motivation* wurde ein Fragebogen entwickelt, welcher während der einzelnen Bauphasen eingesetzt wurde. Mit dem Fragebogen sollten folgende vier Faktoren der aktuellen Motivation erfasst werden: das Interesse an der aktuellen Tätigkeit, die Erfolgswahrscheinlichkeit, die Herausforderung und die Misserfolgsbefürchtung in der Auseinandersetzung mit verschiedenen technischen Aufgabenstellungen.
2. Bei der Zieldimension „Denken- und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ wurde der Frage nachgegangen, zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen die Kinder in der Grundschule im Rahmen verschiedener technikdidaktischer Methoden befähigt werden bzw. zu welchen technischen Denk- und Handlungsweisen sie bereits fähig sind.

2.2 Hypothesen

Im Vorfeld wurde angenommen, dass die drei verschiedenen technikdidaktischen Methoden einen Einfluss auf die genannten Aspekte der Zieldimensionen haben.

Im Einzelnen wurden folgende Hypothesen formuliert:

1. Zwischen den fachdidaktischen Methoden bestehen keine Unterschiede im Hinblick auf folgende Faktoren der aktuellen Motivation: Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung und Misserfolgsbefürchtung.
2. Zwischen den fachdidaktischen Methoden bestehen Unterschiede im Hinblick auf die Denk- und Handlungsweisen, zu denen die Kinder aus ihrer Sicht befähigt werden. Kinder können die für die Bewältigung der Aufgabe erforderlichen Denk- und Handlungsweisen benennen. Die Angaben der Kinder spiegeln die von der Technikdidaktik intendierten technischen Denk- und Handlungsweisen wider.
3. Die von den technikdidaktischen Methoden vorgesehenen Denk- und Handlungsweisen werden mindestens von der Hälfte der Kinder sehr gut bewältigt. Dazu gehören
 1. im Rahmen der Methode *Fertigen nach Plan*:
 - ◆ Arbeitsanweisungen folgen,
 - ◆ Technische Verfahren anwenden,
 2. im Rahmen der Methode *Technisches Experimentieren*:
 - ◆ eigene Ideen entwickeln,
 - ◆ eigene Ideen kommunizieren,
 - ◆ Funktionstüchtigkeit überprüfen,
 3. im Rahmen der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen*:
 - ◆ Eigene Ideen entwickeln,
 - ◆ Eigene Ideen darstellen,
 - ◆ Eigene Ideen umsetzen,
 - ◆ Technische Verfahren anwenden,
 - ◆ Funktionstüchtigkeit prüfen.

Im Falle, dass sich die Hypothesen bestätigen, kann von einer Eignung der jeweiligen technikdidaktischen Methode in ihrer hier angewandten spezifischen didaktischen Umsetzung ausgegangen werden.

3. Design und Methodik

3.1 Stichprobe

An der Studie beteiligten sich insgesamt 329 Kinder im Alter von sechs bis dreizehn Jahren und 32 pädagogische Fach- und Lehrkräfte. Daten zum sozialen Hintergrund, Migrationsstatus oder Geschlecht wurden nicht erhoben. Die Verteilung der Kinder auf die Altersgruppen, die Klassenstufen sowie die Zusammensetzung der Hortgruppen sind in den Abbildungen 14 bis 16 dargestellt.

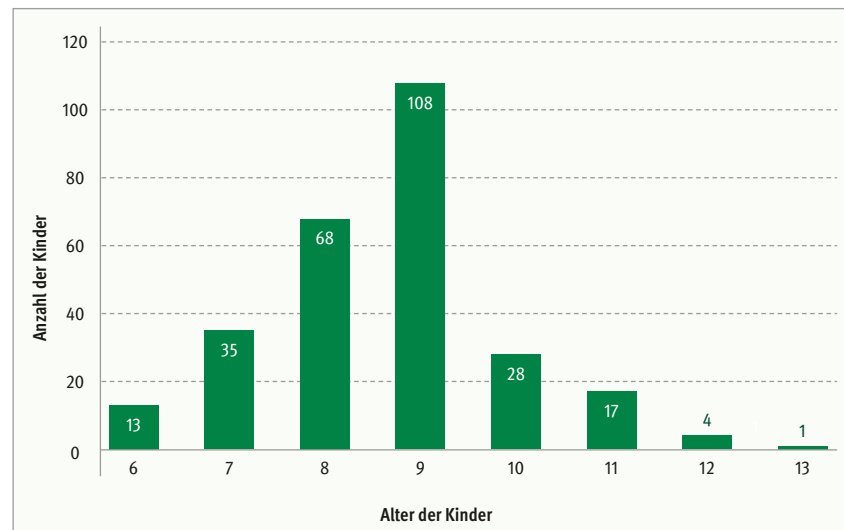


Abbildung 14. Verteilung der Stichprobe auf Altersgruppen

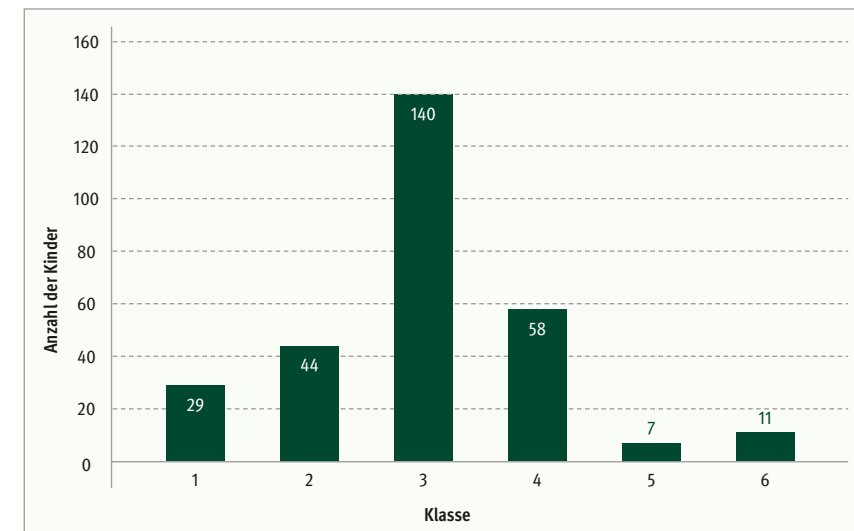


Abbildung 15. Verteilung der Stichprobe auf Klassen

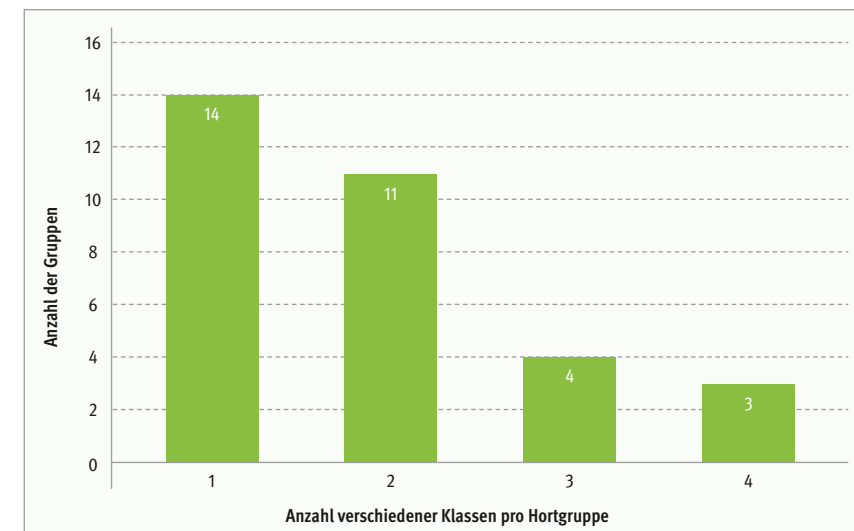


Abbildung 16. Klassenübergreifende Zusammensetzung der Hortgruppen

3.2 Verwendetes Materialsystem

Die Horteinrichtungen wurden mit UMT-Materialien⁵⁶ ausgestattet, damit das verwendete Material in allen Testsituationen konstant war. Jede Einrichtung bekam jeweils zwei Säge-, Bohr-, Fräse- und Heißbiegevorrichtungen. Darüber hinaus wurden sie mit UMT-Halbzeugen und UMT-Materialien ausgestattet.

3.3 Kurzbeschreibung der technikdidaktischen Methoden

Die in der Studie angewandten Methoden sind das *Fertigen nach Plan*, das *Technische Experimentieren* und das *Freie Konstruieren und Fertigen*, die in ihrer Reinform zuvor bereits beschrieben wurden. Der geplante Verlauf der jeweiligen Unterrichtseinheit, die der Umsetzung der jeweiligen Methode diente, befindet sich in Anhang 4.

3.3.1 Methode 1: Fertigen nach Plan (Windrad)

Die Kinder bekamen die Aufgabe, anhand eines Plans ein Windrad zu bauen. Der Plan enthielt die ikonische Darstellung, die erforderlichen Maße aller benötigten Materialien und die Abfolge der notwendigen Handlungsschritte. Im Rahmen der Methode *Fertigen nach Plan* sollten die Kinder insbesondere die Gelegenheit erhalten, gemäß der Arbeitsanweisung einzelne Handlungsschritte zu vollziehen und vorgesehene technische Verfahren wie bohren, sägen oder biegen anzuwenden.

3.3.2 Methode 2: Technisches Experimentieren (Windrad)

Das von den Kindern gebaute Windrad sollte in seiner Funktionstüchtigkeit verbessert werden. Der besondere Schwerpunkt dieser Aufgabe wurde auf die Entwicklung eigener Ideen, ihre Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern sowie die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Windrades gelegt.

3.3.3 Methode 3: Freies Konstruieren und Fertigen (Gummibärchenwurfmaschine)

Die dritte in der Studie angewandte Methode wird als *Freies Konstruieren und Fertigen* bezeichnet. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass Kinder „frei“ ein technisches Objekt „erfinden“ sollten, welches im Rahmen der Aufgabe von ihnen auch gefertigt wird.

⁵⁶ UMT-Materialien = Universelles Mediensystem für den Technikunterricht (UMT) (LPE Technische Medien GmbH)

Im Rahmen der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen* sollten die Kinder vor allem die Gelegenheit erhalten, eigene Ideen zu entwickeln, sie zeichnerisch darzustellen, ihre Ideen umzusetzen, technische Verfahren anzuwenden und die Funktionstüchtigkeit des hergestellten Objektes zu überprüfen. Die Kinder bekamen die Aufgabe, eine Gummibärchenwurfmaschine zu konstruieren und zu fertigen.

3.4 Ablauf der einzelnen Unterrichtseinheiten

Für alle Gruppen war für die einzelnen Unterrichtseinheiten der gleiche Ablauf vorgesehen. Der zeitliche Umfang war allerdings nicht vorgegeben, da sich die Gruppen in Anzahl und Alter der teilnehmenden Kinder sowie in der Anzahl der Betreuer unterschieden. Im Folgenden werden der vorgesehene Ablauf der jeweiligen Unterrichtseinheit und die Materialien für pädagogischen Fach- und Lehrkräfte vorgestellt.

Jede Einheit begann mit einer Geschichte, welche den Kindern von der pädagogischen Fach- und Lehrkraft vorgelesen wurde. Danach folgte die erste Erarbeitungsphase, in der die Kinder mit der Arbeit begannen.

Am Ende der ersten Erarbeitungsphase wurden die Kinder aufgefordert, den ersten Schülerinnen- und Schülerfragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation auszufüllen.

Danach folgte die zweite Erarbeitungsphase, in der die Kinder ihre Arbeit zum Abschluss brachten. Nach der zweiten Erarbeitungsphase füllten die Kinder den zweiten Schülerinnen- und Schülerfragebogen zur Erfassung der Denk- und Handlungsweisen aus.

Die einleitenden Geschichten und die Verlaufspläne der einzelnen Einheiten befinden sich im Anhang 4.1.

Der zeitliche Umfang der drei Einheiten war nicht vorgegeben, da sich die Gruppen in Anzahl und Alter der teilnehmenden Kinder sowie in der Anzahl der Betreuer unterschieden. Auch die Zeitspanne zwischen der ersten und der zweiten Erarbeitungsphase war nicht vorgegeben und orientierte sich an den Rahmenbedingungen vor Ort. So konnte die zweite Erarbeitungsphase nach einer Pause oder aber auch an einem anderen Tag erfolgen.

Die tatsächliche Durchführungsdauer der Einheiten wurde mithilfe eines *Fragebogens für pädagogische Fach- und Lehrkräfte* dokumentiert (vgl. 7.3), den die Fach- und Lehrkräfte ausfüllten.

3.5 Vorbereitung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Im Vorfeld der Unterrichtseinheiten fanden in Berlin sechs eintägige Fortbildungsveranstaltungen in den Räumlichkeiten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ statt. Im Rahmen dieser Fortbildungsveranstaltung führten die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte alle drei für die Studie vorgesehenen Einheiten mit UMT-Materialien und Vorrichtungen durch, d. h. sie fertigten ein Windrad nach Plan an, führten mit dem Windrad technische Experimente durch und konstruierten und fertigten eine Gummibärchenwurfmaschine. Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte bekamen dazu detaillierte schriftliche Handreichungen über den Verlauf der einzelnen Einheiten (Verlaufsplan, Geschichten, Anleitungen). Darüber hinaus wurden in der Fortbildungsveranstaltung der Einsatz der beiden Fragebögen für Kinder und für die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte intensiv besprochen.

Die Fortbildungen wurden in Kooperation der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe durchgeführt. Referentinnen waren die Erstautorin dieser Studie sowie eine Fortbildungsreferentin der Stiftung.

3.6 Zeitlicher Ablauf der Durchführung

Die Studie wurde von März 2012 bis Oktober 2012 durchgeführt. Der Zeitplan der Studie wurde in vier Abschnitte eingeteilt (Fortbildungsveranstaltung und die drei Unterrichtseinheiten), wobei die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte die genauen Termine für die Durchführung der drei Unterrichtseinheiten selbstständig festlegten. Vorgegeben war lediglich die Reihenfolge der Unterrichtseinheiten und der zeitliche Gesamtrahmen (vgl. Anhang 4).

Die Fortbildungen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte fanden im Zeitraum von März bis September 2012 in Berlin statt. Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte führten die Unterrichtseinheiten von April bis Ende Oktober 2012 in ihren Einrichtungen mit den Kindern durch.

4. Beschreibung der Messinstrumente

4.1 Erhebung manifester Merkmale

Mit den Fragebögen für Kinder wurden folgende manifeste Merkmale erhoben: Name der Einrichtung, technikdidaktische Methode, Klassenstufe, Alter/Geburtsdatum des Kindes.

Mit den Fragebögen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte wurden folgende manifeste Merkmale erhoben: Name der pädagogischen Fach- und Lehrkraft, Name der Einrichtung, betreute Klassenstufen, Anzahl der Kinder in der Gruppe der jeweils durchgeführten Unterrichtseinheit, Datum der Durchführung, Zeitumfang und technikdidaktische Methode (1. Fertigen nach Plan, 2. Technisches Experimentieren, 3. Freies Konstruieren und Fertigen).

4.2 Erhebung latenter Merkmale

Zu folgenden Zieldimensionen wurden **latente** Merkmale bei den Kindern erhoben:

- „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“ (*Aktuelle Motivation*),
- „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ (*Technische Denk- und Handlungsweisen*).

4.2.1 Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“

Subtest Aktuelle Motivation

Die *Aktuelle Motivation* wurde erfasst mit dem 1. Fragebogen *Schülerinnen und Schüler* (welcher im Verlauf der Unterrichtseinheit eingesetzt wurde. Zur Erfassung der *Aktuellen Motivation* wurden neun Items des Fragebogens, welcher bereits in der Studie zu 1 (siehe Kapitel 5.2.1, Anhang 4.2) entwickelt wurde, eingesetzt. Die Items wurden in Anlehnung an den *Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (FAM)* von Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2001) formuliert. Wie bereits in den Ausführungen zu Studie 1 beschrieben, basiert der FAM auf der Annahme, dass sich Verhaltenstendenzen nicht nur in der Wechselwirkung zwischen den Person- und Situationsfaktoren ergeben, sondern dass die aktuelle Motivation, die aus der Wech-

selwirkung der potenziellen Anreize einer Situation und der überdauernden hochgeneralisierten Personenfaktoren resultiert, direkte Auswirkung auf das Verhalten hat (vgl. Rheinberg et al., 2001, S. 3). Der FAM erfasst vier verschiedene Komponenten der aktuellen Motivation: Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung, welche auch in der Studie 2 erfasst wurden.

4.2.2 Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“

Subtest Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder

Die Beurteilung der technischen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder wurde mit dem 2. Fragebogen für Schülerinnen und Schüler (Jeretin-Kopf, 2012, unveröffentlichtes Material) erfasst, welcher am Ende der Unterrichtseinheit eingesetzt wurde.

Um die aus der Sicht der Kinder erforderlichen technischen Denk- und Handlungsweisen zu erfassen, wurden folgende neun Items formuliert:

1. Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich die Bauanleitung lesen.
2. Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.
3. Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.
4. Um die Aufgabe gut zu lösen, musste ich zuerst schauen, welche Materialien sich dafür eignen würden.
5. Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.
6. Ich musste prüfen, ob ich alle Schritte der Bauanleitung richtig gemacht habe
7. Ich habe überprüft, ob das, was ich gebaut habe, auch richtig funktioniert.
8. Ich hatte Ideen, was ich noch verbessern könnte, damit meine Maschine besser funktioniert.
9. Ich habe meine Maschine umgebaut, damit sie besser funktioniert.

Das Antwortformat war eine fünfstufige Likert-Skala (trifft gar nicht zu – trifft völlig zu).

Darüber hinaus wurde mit dem 2. *Schülerinnen- und Schülerfragebogen* erhoben, ob die Anwendung technischer Verfahren notwendig war. Dazu wurden folgende Items formuliert:

Um die Aufgabe zu lösen, musste ich

- a. bohren,
- b. sägen,
- c. biegen,
- d. schrauben,
- e. fräsen,

- f. entgraten,
- g. kleben,
- h. Material in die Vorrichtung einspannen.

Das Antwortformat war dichotom (ja/nein).

Subtest Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Die Beurteilung der technischen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wurde mit dem 1. Fragebogen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte erhoben.

Dazu wurden sieben Items formuliert. Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wurden gefragt, ob die betreffende Methode den Kindern die Gelegenheit zu folgenden Denk- und Handlungsweisen bot:

- eigene Ideen zu entwickeln,
- eigene Ideen darzustellen,
- eigene Ideen zu kommunizieren,
- eigene Ideen umzusetzen,
- vorgegebenen Arbeitsanweisungen zu folgen,
- technische Verfahren (bohren, sägen, schrauben, biegen...) anzuwenden,
- die Funktionstüchtigkeit der Maschine zu überprüfen.

Es handelte sich dabei um dichotome Antwortformate (ja/nein).

Falls die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte die Antwort bejahten, wurden sie gebeten, den Anteil der Gruppe einzuschätzen, welcher die Aufgabe sehr gut hatte bewältigen können (siehe Anhang 4.2.).

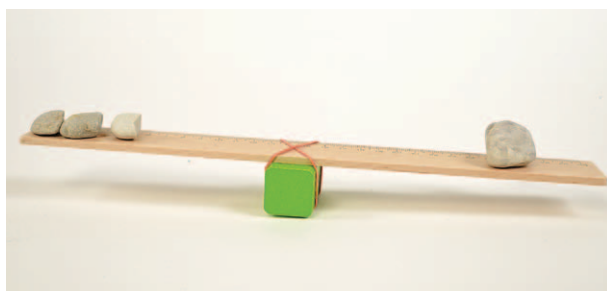
4.2.3 Fragebogen zur Erfassung der organisatorischen Rahmenbedingungen

Zusätzlich zu den genannten Fragebögen (1. und 2. *Fragebogen für Schülerinnen und Schüler* und 1. *Fragebogen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte*) wurde der 2. *Fragebogen für pädagogische Fachkräfte* eingesetzt, welcher zur Kontrolle des Ablaufs der Unterrichtseinheit diente. Der Fragebogen beinhaltete eine Frage zum Betreuungsaufwand beim Ausfüllen der Schülerinnen- und Schülerfragebögen (Antwortformat: gering – mittelmäßig – groß – sehr groß) und eine weitere Frage mit einem offenen Antwortformat zu Besonderheiten oder Auffälligkeiten bei der Durchführung der Unterrichtseinheit.

4.3 Gütekriterien

4.3.1 Objektivität

Die Objektivität eines Tests ist dann gegeben, wenn die Testergebnisse vom Testanwender unabhängig sind (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 195). Wie bereits im Forschungsbericht zu Studie 1 dargelegt, wurden auch hier schriftliche Anweisungen verfasst, die den mit der Durchführung beauftragten Personen vorlagen. Damit konnten Variationen während der Testdurchführung weitgehend ausgeschlossen werden, was eine weitgehende Standardisierung der Untersuchungssituation gewährleistete. Die Auswertungsobjektivität war dadurch gegeben, dass die Auswahlantworten und die numerischen Kodierungen im Vorfeld schriftlich fixiert worden waren. Die Interpretationsobjektivität ist dadurch gegeben, dass die Interpretation der Daten theoriegeleitet erfolgt. Allerdings ist eine Orientierung an Vergleichsdaten nicht möglich, da vergleichbare Tests nicht bekannt sind.



4.3.2 Reliabilität

Subtest Aktuelle Motivation

Die Reliabilität gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem das geprüfte Merkmal gemessen wird. Über die Problematik bei der Berechnung der Reliabilität der Items des Tests *Aktuelle Motivation* wurde bereits unter 5.2.5 der Studie 1 ausführlich berichtet.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die einzelnen Komponenten des Konstrukts *Aktuelle Motivation* (Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung und Misserfolgsbefürchtung) nicht die gleiche Eigenschaft, sondern verschiedene Eigenschaften des Konstrukts messen. Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoll, die Korrelation der einzelnen Items mit der Skala zu überprüfen. Die Korrelationskoeffizienten der Items liegen zwischen .65 und .90. Alle Korrelationen erweisen sich mit $p = .000$ als höchst signifikant (siehe Anhang 4.2). Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Items innerhalb der Skala homogen sind. Die Messgenauigkeit der Items wird somit als hinreichend angesehen.

Subtest Technische Denk und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder

Mit dem 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen wurden die technischen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder erfasst. Die einzelnen Items des Tests zur Erfassung der technischen Denk- und Handlungsweisen messen jeweils verschiedene Merkmale, können somit als heterogen betrachtet werden. Durch die verschiedenen

Anforderungen der Aufgaben innerhalb der jeweiligen Methode variieren die Bedingungen zwischen den drei verschiedenen Messzeitpunkten. Zur Berechnung der Homogenität wird auch hier die Korrelation der einzelnen Items mit der dazugehörigen Skala berechnet. Die einzelnen Items wurden folgender Skalen zugewiesen:

- a. Anweisungen folgen (Bauanleitung lesen, Bauschritte überprüfen),
- b. eigene Ideen (eigene Ideen entwickeln, eine Skizze zeichnen, Ideen kommunizieren),
- c. Prüfen (Materialien, Funktionstüchtigkeit),
- d. Optimieren (Verbesserungsideen entwickeln, Maschine optimieren).

Mit einer Ausnahme⁵⁷ liegen die Korrelationskoeffizienten aller Items zwischen .58 und .88. Alle Korrelationen erweisen sich mit $p = .000$ als höchst signifikant (siehe Anhang 4.2).

Somit kann man die Items, mit denen die Ausprägung der Merkmale gemessen wurde, die innerhalb einer Methode ihre Ausprägung erhalten sollten, als homogen innerhalb der jeweiligen Skala betrachten. Die Messgenauigkeit der Items wird somit als ausreichend angesehen.

Subtest Technische Denk und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fachkräfte

Der 1. Fragebogen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte erfasste die Leistungsfähigkeit der Kinder im Hinblick auf die Denk- und Handlungsweise, welche aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte innerhalb der jeweiligen Methode den Kindern ermöglicht wurde. Somit erfassen die Items die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Gruppe innerhalb der angewandten Methode. Das heißt die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte schätzten nicht die Leistung des einzelnen Kindes, sondern das Leistungsvermögen der gesamten Gruppe.

Die interne Konsistenz der Skalen (Cronbachs Alpha) beträgt bei der Methode *Fertigen nach Plan* $\alpha = .84$, der Methode *Experimentieren* $\alpha = .92$ und der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen* $\alpha = .61$. Die interne Konsistenz der Skalen wird somit als ausreichend angesehen.

⁵⁷ Das Item „Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet“ korreliert innerhalb der Skala *Eigene Ideen* lediglich mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = .28$. Da die Aufgabe das Skizzieren der Ideen nicht erforderlich machte, ist das Ergebnis als nicht relevant zu betrachten.

4.3.3 Validität

Die Validität gibt an, ob ein Test das misst, was er messen soll. Interne Validität ist dann gegeben, wenn die Daten eindeutig interpretierbar sind, d. h. wenn Alternativ-erklärungen ausgeschlossen werden können (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 57). Durch die Standardisierung der Untersuchungsbedingungen wurde versucht, den Einfluss möglicher Störvariablen zu reduzieren. Die Datenerhebung erfolgte unter alltäglichen Hortbedingungen. Da es sich dabei um einen Papier- und-Bleistift-Test handelte, konnten die möglichen Störfaktoren weitgehend reduziert werden.

5. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS. Im Folgenden werden die Codierung der Items und die Bildung der Summenvariablen beschrieben.

5.1 Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“

Das Messinstrument zur Erfassung der *Aktuellen Motivation* umfasst vier Faktoren, welche als abhängige Variable definiert werden. Die Berechnung dieser Variablen ist in der Tabelle 37 dargestellt.

Summenvariable Aktuelle Moti- vation	Anzahl der Items	Kodierung	Berechneter Wert	Skalenniveau
Interesse	2	1 = trifft nicht zu 2 3 4 5 = trifft zu	Summe der Itemwerte	ordinal
Erfolgswahr- scheinlichkeit	2	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal
Herausforderung	2	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal
Misserfolgsbe- fürchtung	3	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal

Tabelle 37: Aktuelle Motivation (Codierung der Items)

Die Definition einer Summenvariable *Aktuelle Motivation* wird für die Analyse der Gruppenunterschiede nicht als sinnvoll betrachtet, da – wie aus der Reliabilitätsanalyse hervorging – die einzelnen Faktoren nicht homogen sind.

5.2 Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“

Im Rahmen dieser Zieldimension wurden technische Denk- und Handlungsweisen aus zwei verschiedenen Perspektiven erfasst. Aus der Sicht der Kinder werden technische

Denk- und Handlungsweisen erfasst, welche für das Lösen der verschiedenartigen technischen Aufgaben als erforderlich betrachtet werden. Aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wird erfasst, ob sich den Kindern innerhalb einer technikdidaktischen Methode die Gelegenheit zu bestimmten Denk- und Handlungsweisen bot.

5.2.1 Variablen zu technischen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder

Beispielhaft werden hier die Variablen dargestellt, die für die Methode *Fertigen nach Plan* definiert wurden (siehe Tabelle 38). Die Variablen der Methoden *Experimentieren* und *Freies Konstruieren und Fertigen* unterscheiden sich in der Bezeichnung der Variablen, indem die Methode *Fertigen nach Plan* durch *Experimentieren und Konstruieren und Fertigen* ersetzt wurden.

Item	Kodierung	Skalenniveau
Bauanleitung lesen	1 = trifft nicht zu 2 3 4 5 = trifft zu	ordinal
Sich selbst etwas ausdenken	dto.	ordinal
Eine Skizze zeichnen	dto.	ordinal
Schauen, welche Materialien sich eignen würden	dto.	ordinal
Mit anderen über eigene Ideen reden	dto.	ordinal
Arbeitsschritte überprüfen	dto.	ordinal
Funktionsfähigkeit überprüfen	dto.	ordinal
Ideen zur Steigerung der Funktionsfähigkeit entwickeln	dto.	ordinal
Umbau der Maschine zur besseren Funktionsfähigkeit	dto.	ordinal

Tabelle 38: Variablen zur Erfassung technischer Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder (Methode 1: *Fertigen nach Plan*)

Mit dem 2. Schüler- und Schülerinnenfragebogen wurde neben den technischen Denk- und Handlungsweisen auch die Anwendung technischer Verfahren wie Sägen, Bohren, Schrauben etc. erhoben, welche aus der Sicht der Kinder für die Bewältigung der Aufgabe notwendig waren.

Zur Auswahl waren folgende technische Verfahren angegeben: Bohren, Sägen, Biegen, Schrauben, Fräsen, Entgraten, Kleben und das Material einspannen. Die Kodierung der dichotomen Antwortmöglichkeiten war wie folgt gegeben: 0=nein, 1=ja, das Skalenniveau war nominal.

5.2.2 Variablen zu technischen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Die Variablen, welche für die Methode *Fertigen nach Plan* definiert wurden, sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengestellt. Die Variablen der Methoden *Experimentieren* und *Freies Konstruieren und Fertigen* unterscheiden sich in der Bezeichnung der Variablen, indem die Methode *Fertigen nach Plan* durch *Experimentieren und Freies Konstruieren und Fertigen* ersetzt wurden.

Zunächst wurde die Ansicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte darüber erfasst, ob die Kinder die Gelegenheit hatten, die genannten Denk- und Handlungsweisen auszuführen (siehe Tabelle 39).

Item	Kodierung	Skalenniveau
Eigene Ideen entwickeln	ja = 1 nein = 0	nominal
Eigene Ideen darstellen	dto.	nominal
Eigene Ideen kommunizieren	dto.	nominal
Eigene Ideen umsetzen	dto.	nominal
Vorgegebenen Arbeitsanweisungen folgen	dto.	nominal
Technische Verfahren anwenden	dto.	nominal
Funktionsfähigkeit der Maschine überprüfen	dto.	nominal

Tabelle 39: Variablen zur Erfassung technischer Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte zur Methode *Fertigen nach Plan* (Möglichkeiten innerhalb der Unterrichtsmethode)

Danach wurde erfasst, welcher Anteil der Gruppe die Aufgabe sehr gut bewältigen konnte, falls die Möglichkeit dazu bestand. Auch hier wurden für alle drei Unterrichtseinheiten jeweils die entsprechenden Variablen definiert (siehe Tabelle 40).

Item	Kodierung	Skalenniveau
Eigene Ideen entwickeln	1 = bis zu 25% 2 = bis zu 50% 3 = bis zu 75% 4 = bis zu 100%	ordinal
Eigene Ideen darstellen	dto.	ordinal
Eigene Ideen kommunizieren	dto.	ordinal
Eigene Ideen umsetzen	dto.	ordinal
Vorgegebenen Arbeitsanweisungen folgen	dto.	ordinal
Technische Verfahren anwenden	dto.	ordinal
Funktionsfähigkeit der Maschine überprüfen	dto.	ordinal

Tabelle 40: Variablen zur Erfassung technischer Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte zur Methode Fertigen nach Plan (Leistung der Gruppe)

5.3 Daten zum Verlauf der Durchführung

Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wurden am Ende jeder Unterrichtseinheit zum Verlauf der Unterrichtseinheit befragt. Mit SPSS wurden Variablen definiert und kodiert (siehe Tabelle 41).

Variablen zum Fertigen nach Plan	Kodierung	Skalenniveau
Eigene Ideen entwickeln	Anzahl	metrisch
Zeitumfang	Zeitangabe in Unterrichtsstunden	metrisch
Einhalten des Ablaufs	0 = nein 1 = ja	nominal
Betreuungsaufwand	1 = gering 2 = mittelmäßig 3 = groß 4 = sehr groß	ordinal

Tabelle 41: Variablen zum Verlauf der Unterrichtseinheiten

Auf dem zweiten Fragebogen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte war Raum vorgesehen für freie Anmerkungen zu Auffälligkeiten während der Durchführung der Unterrichtseinheit und der Datenerhebung.

6. Ergebnisse

In dieser Studie wird der Frage nachgegangen, ob sich die Kindergruppen in den drei Unterrichtseinheiten mit verschiedenen technikdidaktischen Methoden im Hinblick auf die Ausprägung folgender Merkmale unterscheiden:

- Aspekte der aktuellen Motivation der Kinder wie Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung, Misserfolgsbefürchtung (Sicht der Kinder).
- technische Denk- und Handlungsweisen der Kinder (Sicht der Kinder),
- technische Denk- und Handlungsweisen der Kinder (Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte).

6.1 Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“

Ergebnisse: Aktuelle Motivation

Es wurde der Frage nachgegangen, ob zwischen den verschiedenen technikdidaktischen Methoden Unterschiede in der Ausprägung der einzelnen Aspekte der aktuellen Motivation festzustellen sind.

Mit dem Friedman-Test wurden die mittleren Ränge der verbundenen Stichproben verglichen (siehe Tabelle 42).

Die Berechnung ergibt lediglich für den Faktor „Erfolgswahrscheinlichkeit“ signifikante Unterschiede der Stichproben unter den variierenden Bedingungen ($p = .013$). *Interesse*, *Herausforderung* und *Misserfolgsbefürchtung* weisen keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die technikdidaktischen Methoden auf.

Mittlere Ränge	Interesse	Erfolgswahrscheinlichkeit	Herausforderung	Misserfolgsbefürchtung
Fertigen nach Plan	2.11	1.83	2.05	2.14
Technisches Experimentieren	2.01	2.13	1.92	1.94
Freies Konstruieren und Fertigen	1.88	2.04	2.03	1.92
N	143	139	146	139
χ^2	5.825	8.716	2.336	5.458
df	2	2	2	2
Asymptotische Signifikanz	.054	.013	.311	.065

Tabelle 42: Aktuelle Motivation (Friedman-Test)

Somit wird die Hypothese 1 im Hinblick auf das Interesse, Herausforderung und Misserfolgsbefürchtung bestätigt. Nicht bestätigt wurde sie bezüglich der Erfolgswahrscheinlichkeit.

6.2 Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“

6.2.1 Ergebnisse des Subtests Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder

Zum einen wurde untersucht, *welche Denk- und Handlungsweisen die Kinder innerhalb der genannten Methoden anwandten*. Die Kinder gaben bei der Erhebung der Denk- und Handlungsweisen den Grad ihrer Zustimmung auf einer fünfstufigen Skala an. Die Daten sind ordinalskaliert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kinder sehr differenziert einschätzen, welche Denk- und Handlungsweisen innerhalb verschiedener Methoden aus ihrer Sicht notwendig waren. Die Mittelwerte sind in Tabelle 43 dargestellt. Zwischen den Methoden ergeben sich deutliche Unterschiede:

- **Fertigen nach Plan:** Zwei Aspekte ragen hier deutlicher hervor als bei den anderen Methoden, und zwar das Lesen der Bauanleitung und das Überprüfen der vollzogenen Schritte.
- **Technisches Experimentieren:** Ein Aspekt ist hier stärker ausgeprägt als bei den anderen beiden Methoden, und zwar Ideen zur Steigerung der Funktionstüchtigkeit umsetzen.

- **Freies Konstruieren und Fertigen:** Fünf Aspekte ragen hier deutlich heraus, nämlich sich selbst etwas ausdenken, eine Ideenskizze zeichnen, schauen, welche Materialien sich eignen würden, mit anderen über eigene Ideen sprechen und Ideen zur Steigerung der Funktionstüchtigkeit entwickeln.

Das Überprüfen der Funktionstüchtigkeit zeigt sich als eine Denk- und Handlungsweise, die bei allen drei Methoden vergleichbar starke Ausprägung erhält.

	Fertigen nach Plan	Technisches Experimentieren	Freies Konstruieren und Fertigen
Item	M	M	M
Bauanleitung lesen	4.386	2.7806	1.6243
Sich selbst etwas ausdenken (Eigene Ideen entwickeln)	1.5804	1.7669	4.7126
Eine Skizze zeichnen	1.3868	1.2605	4.6185
Schauen, welche Materialien sich eignen würden (Materialien prüfen)	3.7073	2.5381	4.2011
Mit anderen über meine Ideen sprechen (Ideen kommunizieren)	2.7168	2.8578	3.6474
Arbeitsschritte überprüfen	3.9648	3.0338	1.8225
Funktionstüchtigkeit prüfen	4.3519	4.4076	4.6105
Verbesserungsideen entwickeln	1.8916	2.3389	3.2674
Ideen zur Steigerung der Funktionstüchtigkeit umsetzen (Maschine optimieren)	1.585	3.0921	2.7895
Gültige N	270	218	166

Tabelle 43: Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder (Angabe der Mittelwerte)

Die Grafik veranschaulicht die Ausprägung der Mittelwerte bei den einzelnen Denk- und Handlungsweisen (Abbildung 17). Auffallend ist die deutliche Ausprägung der Mittelwerte in der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen* bei den Denk- und Hand-

lungsweisen *Sich selbst etwas ausdenken, Eine Skizze zeichnen, Schauen, welche Materialien sich eignen würden, Mit anderen über meine Ideen sprechen, Funktions-tüchtigkeit prüfen und Ideen zur Steigerung der Funktionstüchtigkeit entwickeln.*

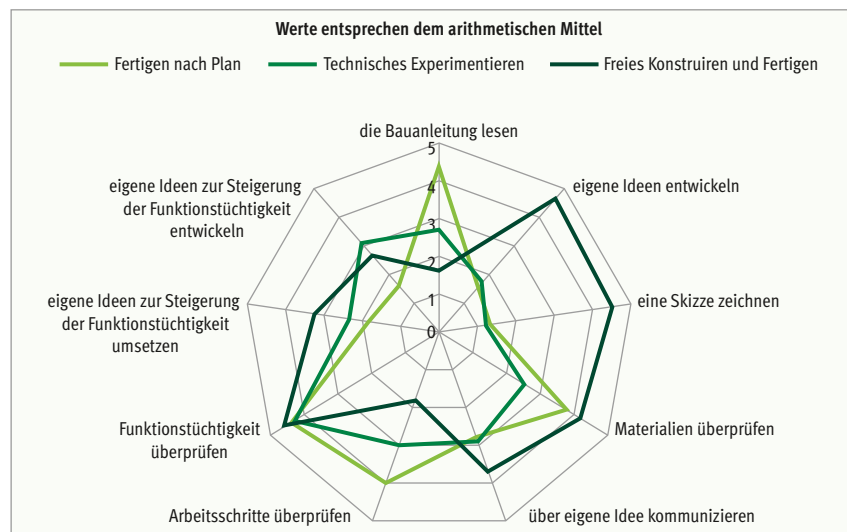


Abbildung 17. Denk und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder (Netzdiagramm)

Mit dem Friedman-Test wurden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Messungen auf Signifikanz überprüft. Die Variable *Funktionstüchtigkeit prüfen* ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Methoden. Alle anderen Variablen ergeben mit $p = .000$ einen höchst signifikanten Unterschied.

Die Notwendigkeit der Anwendung technischer Verfahren, um die Aufgabe zu erledigen, war zwischen den verschiedenen Methoden unterschiedlich ausgeprägt. Im Vordergrund der Fragestellung stand dabei nicht der zeitliche Umfang der jeweiligen handwerklichen Tätigkeit, welche durch die Anwendung technischer Verfahren erforderlich wurde, sondern die Vielfalt der angewendeten Verfahren, welche sich in der Anzahl der Summenpunkte äußerte.

Mit dem Friedman-Test wurden die mittleren Ränge der Summenvariable *Technische Verfahren* zwischen den verschiedenen Methoden verglichen. Die Ergebnisse weisen einen höchst signifikanten Unterschied ($p = .000$) aus, wobei die Methode *Fertigen nach Plan* den höchsten Rang einnimmt, gefolgt von der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen* und der Methode *Technisches Experimentieren* (siehe Anhang 4.2c).

Diese Ergebnisse bestätigen die Hypothese 2, dass zwischen den fachdidaktischen Methoden Unterschiede im Hinblick auf die Denk- und Handlungsweisen bestehen, zu denen die Kinder aus ihrer Sicht befähigt werden. Kinder konnten die für die Bewältigung der Aufgabe erforderlichen Denk- und Handlungsweisen benennen. Die Angaben der Kinder spiegelten die von der Technikdidaktik intendierten technischen Denk- und Handlungsweisen wider.

6.2.2 Ergebnisse des Subtests Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Zum anderen wurde untersucht, wie die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte die *Denk- und Handlungsmöglichkeiten* einschätzten, welche die Kinder in der jeweiligen Methode hatten. Sie wurden gefragt, ob die Kinder die Gelegenheit hatten, die aufgelisteten Denk- und Handlungsweisen auszuführen (Antwortformat: ja/nein). Die Daten sind nominalskaliert.

Um herauszufinden, für welche Denk- und Handlungsweisen sich den Kindern die Gelegenheit innerhalb der jeweiligen Methode bot, wurden die Nennungen summiert. Tabelle 2 veranschaulicht die Ergebnisse. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier nicht der Vergleich der einzelnen Methoden sinnvoll ist⁵⁸, sondern die Ausprägung der einzelnen Denk- und Handlungsweisen innerhalb einer bestimmten Methode. In Tabelle 44 sind die Werte markiert, welche innerhalb der bestimmten Methode deutlich herausragen.

Pädagogische Fach- und Lehrkräfte gaben an, dass bei der Methode *Fertigen nach Plan* vor allem zwei Denk- und Handlungsweisen besonders ausgeprägt sind: *technische Verfahren* anwenden und den *vorgegebenen Arbeitsanweisungen* folgen. Im Gegenzug geben sie an, dass die Kinder kaum Gelegenheit dazu hatten, eigene Ideen zu entwickeln, sie darzustellen, darüber zu kommunizieren und die eigenen Ideen umzusetzen.

Innerhalb der Methode *Technisches Experimentieren* ragen zwei Aspekte besonders heraus: Laut ihrer Lernbegleitung hatten die Kinder hier die Gelegenheit, *vorgegebenen Arbeitsanweisungen* zu folgen (die Methode zur Messung der Drehgeschwindigkeit des Windrades wurde vorgegeben), und sie hatten die Gelegenheit, die *Funktionstüchtigkeit der Maschine zu überprüfen*.

⁵⁸ Da hier die absoluten Zahlen angegeben werden, ist zu berücksichtigen, dass die einzelnen Methoden von einer unterschiedlichen Anzahl von Gruppen angewandt wurden. Aus diesem Grunde ist hier nicht der Vergleich der Ausprägung einzelner Merkmale zwischen den verschiedenen Methoden sinnvoll, sondern die Ausprägung der Merkmale innerhalb der jeweiligen Methode.

Während der Methode des *Freien Konstruierens und Fertigens* ist die einzige Denk- und Handlungsweise, welche hier nicht zur Umsetzung kommt, den vorgegebenen Arbeitsanweisungen zu folgen. Laut Angaben der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte hatten Kinder bei dieser Methode die Gelegenheit, eigene Ideen zu entwickeln, sie darzustellen, eigene Ideen zu kommunizieren, sie umzusetzen, technische Verfahren anzuwenden und die Funktionstüchtigkeit der Maschine zu prüfen. Es fällt auf, dass die Ausprägung dieser Merkmale vergleichsweise hoch ist.

	Fertigen nach Plan	Technisches Experimentieren	Freies Konstruieren und Fertigen
Kinder hatten die Gelegenheit:	N	N	N
eigene Ideen zu entwickeln	4	9	22
eigene Ideen darzustellen	3	4	23
eigene Ideen zu kommunizieren	7	13	23
eigene Ideen umzusetzen	5	10	23
vorgegebenen Arbeitsanweisungen zu folgen	32	23	1
technische Verfahren anzuwenden	32	15	22
die Funktionstüchtigkeit der Maschine zu überprüfen	15	26	21

Tabelle 44: Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte (Anzahl der Nennungen)

Mit dem Cochran-Test wurde überprüft, ob sich die Verteilung der Merkmalsalternativen zu verschiedenen Messzeitpunkten verändert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Häufigkeitsverteilungen auf einem Niveau von $C = 5\%$ bei allen Merkmalen der *Denk- und Handlungsweisen* zu verschiedenen Messzeitpunkten höchst signifikant ($p = .000$) voneinander unterscheiden. Fehlende Werte wurden listenweise ausgeschlossen (siehe Anhang 4.2b).

Für jede Methode wurden im Vorfeld Denk- und Handlungsweisen formuliert, deren Förderung insbesondere intendiert war.

Die Daten bestätigen, dass bei allen genannten Denk und Handlungsweisen stets mehr als die Hälfte der Kinder diese sehr gut bewältigt hat. Dazu gehören

1. **im Rahmen der Methode *Fertigen nach Plan*:**
 - ◆ Arbeitsanweisungen folgen,
 - ◆ Technische Verfahren anwenden,
2. **im Rahmen der Methode *Technisches Experimentieren*:**
 - ◆ eigene Ideen entwickeln,
 - ◆ eigene Ideen kommunizieren,
 - ◆ Funktionstüchtigkeit überprüfen,
3. **im Rahmen der Methode *Freies Konstruieren und Fertigen*:**
 - ◆ Eigene Ideen entwickeln,
 - ◆ Eigene Ideen darstellen,
 - ◆ Eigene Ideen umsetzen,
 - ◆ Technische Verfahren anwenden,
 - ◆ Funktionstüchtigkeit prüfen.

Aufgrund der Ergebnisse kann daher von einer Eignung der jeweiligen technikdidaktischen Methode in ihrer hier angewandten spezifischen didaktischen Umsetzung ausgegangen werden.

6.3 Ergebnisse zum Verlauf der Durchführung

Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wurden am Ende jeder Unterrichtseinheit zum Verlauf der Unterrichtseinheit befragt. Die durchschnittliche Dauer der Unterrichtseinheiten betrug beim *Fertigen nach Plan* 4:36 Stunden beim *Experimentieren* 2:12 Stunden und beim *Freien Konstruieren und Fertigen* 3:18 Stunden.

Der *Betreuungsaufwand* beim Ausfüllen der einzelnen Fragebögen wurde bei allen drei Unterrichtseinheiten von über 70% der Lehrkräfte als gering bzw. mittelmäßig angegeben. Auch der Friedman-Test ergab zwischen den einzelnen Unterrichtseinheiten keine signifikanten Unterschiede. Auch beim *Ablauf der einzelnen Unterrichtseinheiten* gab es keine Auffälligkeiten, welche auf eine nicht planmäßige Durchführung der Unterrichtseinheit und der Datenerhebung schließen ließen.

7. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie war, den Einsatz verschiedener technikdidaktischer Methoden auf die Entwicklung motivationaler und emotionaler Aspekte sowie auf das Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten bei den Kindern im Grundschulalter zu vergleichen. Die technikdidaktischen Methoden, die eingesetzt wurden waren *Fertigen nach Plan*, *Technisches Experimentieren* und *Freies Konstruieren und Fertigen*. Die Datenerhebung erfolgte mittels schriftlicher Fragebögen.

Es ist bisher keine Studie bekannt, welche sich mit dem Einfluss der technikdidaktischen Methoden auf die aktuelle Motivation der Schüler befassen würde.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen die Vermutung zu, dass das Interesse, die wahrgenommene Herausforderung und die Misserfolgsbefürchtung der Kinder im Grundschulalter unabhängig von der jeweiligen technikdidaktischen Methode sind. Unterschiede wurden bei der wahrgenommenen Erfolgswahrscheinlichkeit festgestellt. Die Werte für die Erfolgswahrscheinlichkeit waren bei der Methode *Fertigen nach Plan* am geringsten. Bei der gleichen Methode wurde die höchste Herausforderung angegeben. Dies lässt darauf schließen, dass Kinder das Anspruchsniveau einer Aufgabe differenziert wahrnehmen und daraus Rückschlüsse auf ihre Erfolgswahrscheinlichkeit ziehen. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass die Kinder die für die Bewältigung der Aufgabe erforderlichen Denk- und Handlungsweisen sehr differenziert wahrnehmen. Der Umstand, dass sie die Denk- und Handlungsweisen bei der jeweiligen Methode benennen, welche auch fachdidaktischen intendiert sind (Benjes, 1975; Schmayl, 1981; Schmayl, 1984; Schmayl, 2010; Wilkening, 1995), bestätigt die didaktische Angemessenheit der jeweiligen Methode.

Diese deckt sich mit der Angabe der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte, nach denen mehr als die Hälfte der Kinder die durch die jeweilige Methode intendierten Denk- und Handlungsweisen sehr gut bewältigen konnte. Dies spricht für die Angemessenheit der untersuchten didaktischen Methoden für Kinder im Grundschulalter.



Zusammenfassende Empfehlungen für die künftige Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

*Walter Kosack, Christian Wiesmüller,
Maja Jeretin-Kopf*

Zusammenfassende Empfehlungen für die künftige Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Walter Kosack, Christian Wiesmüller, Maja Jeretin-Kopf

In der Expertise von Kosack et al. in diesem Band formulierten die Autoren Zieldimensionen technischer Bildung für den Primar- und Elementarbereich. Diese wurden der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ als anzustrebende Ziele im Bereich der technischen Bildung mit Blick auf außerschulische Bildungsangebote empfohlen. Für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ war im Rahmen des vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsprojekts von Interesse, welche Inhalte, Medien und Methoden sich als geeignet erweisen für die frühe technische Bildung, und welche Ansätze zu welchen Veränderungen auf den empfohlenen Zieldimensionen führen können.

Um diese Fragen zu beantworten, mussten zunächst Messinstrumente entwickelt werden. Ihre Entwicklung sollte auf der Grundlage von didaktischen Überlegungen und Vorentscheidungen erfolgen. Sie sollten innerhalb einer empirischen Studie auf ihre Plausibilität und Eignung überprüft werden. Die Autoren empfahlen der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ zwei Forschungslinien:

- (a) Forschungsfeld zur Bedeutung von technikdidaktischen Medien und
- (b) Forschungsfeld zur Bedeutung von technikdidaktischen Methoden für die Ausprägung der Zieldimensionen technischer Bildung.

Es wurden daraufhin zwei Forschungsprojekte durchgeführt:

Studie 1 verglich den Einsatz verschiedener technikdidaktischer Medien (Materialsysteme) im Hinblick auf die Entwicklung einzelner ausgewählter Aspekte der Zielbereiche „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“, „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ sowie „Technische Kreativität“ bei acht- bis zehnjährigen Kindern. Die Materialsysteme, die eingesetzt wurden, waren Fischertechnik, Lego, UMT-Materialien und -Vorrichtungen sowie Baumarktmaterialien und technische Alltagsgeräte.

Studie 2 ging der Frage nach, ob Zusammenhänge zwischen den technikdidaktischen Methoden auf ausgewählte Aspekte der Zieldimensionen aufgezeigt werden können. Folgende Zieldimensionen standen im Fokus des Forschungsinteresses: „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit technischen Sachverhalten“ sowie „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ bei Kindern in

der Primarstufe. Die eingesetzten technikedidaktischen Methoden waren „Fertigen nach Plan“, „Technisches Experimentieren“ sowie „Freies Konstruieren und Fertigen“.

Auf der Basis der Ergebnisse der beiden Studien (vgl. Berichte zu Studie 1 und 2 in diesem Band) sprechen die Autoren für die Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ folgende Empfehlungen zur Förderung der Technischen Bildung in der Primarstufe aus:

Empfehlungen zu technischen Medien und Materialsystemen

Für die Förderung der aktuellen Motivation wie auch der Problemlösefähigkeit während der konkreten Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten eignen sich insbesondere die Baumarktmaterialien und technischen Alltagsgeräte. Zur Förderung der technischen Kreativität sollten neben einzelner Problemlöseaspekte und der Vielfalt der Wirkmechanismen einerseits personenbezogene Aspekte des Verhaltens, wie die in den Entwürfen und Objekten der Kinder sichtbaren Ideen (geistige Entwürfe), andererseits das Problemlöseverhalten der Kinder während des aktiven Problemlöseprozesses in der Bauphase betrachtet werden.

Die größte Vielfalt der Wirkmechanismen war in den Baumarktgruppen zu verzeichnen. Dies spricht für die kreativitätsfördernde Wirkung der Materialien, welche keine vordefinierten Lösungen anbieten und sich durch eine Vielfalt der zur Verfügung stehenden, verschiedenartigen und miteinander kombinierbaren Materialien auszeichnen. Neben den Baumarktmaterialien scheinen auch die UMT-Materialien zur Förderung der technischen Kreativität geeignet zu sein, da ihr Einsatz sowohl im Hinblick auf die Ausdauer als auch die Zielstrebigkeit in einem Zusammenhang zu stehen scheint.

Der Einsatz von Baumarktmaterialien und technischen Alltagsgeräten setzt sachkundige Fach- und Lehrkräfte voraus, die selbst auch über handwerkliches Geschick verfügen. Außerdem müssen verwendete Materialien immer auch z.B. hinsichtlich ihrer Unbedenklichkeit bei der Bearbeitung beurteilt werden, um die Sicherheitsanforderungen im Gebrauch zu gewährleisten. Einrichtungen, in denen nicht oder nur teilweise technisch geschultes Fachpersonal zur Verfügung steht, wird der Einsatz der UMT-Materialien und Vorrichtungen empfohlen. Bei Kindern, die mit UMT-Materialien arbeiteten, war im Vergleich zu Lego und Fischertechnik das Interesse für technische Aufgaben und für die technische Herausforderung ausgeprägter. Darüber hinaus ist die Funktionalität der hergestellten Objekte bei den UMT-Materialien eher gewährleistet als bei den Baumarktmaterialien, da das UMT-Materialsystem Lösungen für technische Probleme bietet, die bei den Baumarktmaterialien nicht ohne weiteres vorhanden sind

(größere Vielfalt an normierten Teilen, leichte Bearbeitbarkeit der Kunststoffleisten, etc.). Bildungstheoretisch bedeutsam beim UMT-System ist, dass es Züge klassischer Werkbankarbeit mit Merkmalen moderner, auf Normierung aufbauender Konstruktion und Fertigung verbindet. Es hat zudem den Vorteil, dass die Sicherheitsanforderungen an die Maschinen vom Hersteller gewährleistet werden.

Die Ergebnisse der Studie sind lediglich in einem Zusammenhang mit der technikedidaktischen Methode „Freies Konstruieren und Fertigen“ zu sehen. Es ist durchaus möglich, dass sich bei anderen technikedidaktischen Methoden andere technikedidaktische Medien als Baumarktmaterialien oder UMT für den Einsatz als sinnvoll erweisen. Es ist anzunehmen, dass bspw. beim Fertigen nach Plan der Einsatz von Fischertechnik oder Lego durchaus seine Vorteile im Hinblick auf die Förderung der einzelnen ausgewählten Aspekte der Zieldimensionen haben könnte.

Empfehlungen zu technikedidaktischen Methoden

Für die pädagogischen Einrichtungen wird zur Förderung der Technischen Bildung der Einsatz aller drei in der Studie 2 eingesetzten Methoden empfohlen. Sowohl „Fertigen nach Plan“, „Technisches Experimentieren“ als auch „Freies Konstruieren und Fertigen“ erwiesen sich für die Primarstufe als geeignet für die Förderung der motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit technischen Sachverhalten.

Da die verschiedenen Methoden zudem die Förderung jeweils unterschiedlicher technischer Denk- und Handlungsweisen bewirken, wird empfohlen, dass keine der Methoden eine Präferenz erhält, sondern dass die pädagogischen Einrichtungen auf einen ausgewogenen Einsatz aller drei Methoden achten.

Die für die Erhebung der Daten entwickelten Messinstrumente haben sich als brauchbar erwiesen und können für weitere Studien verwendet und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.



Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Lebenswelt – Ein didaktisches Konzept zur Unterstützung früher Bildungsprozesse

Gabriele Graube und Ingelore Mammes

1. Kinder in der Begegnung mit Natur und Technik
2. Verknüpfung von Natur und Technik
3. Didaktisches Konzept „Natur und Technik“
4. Fazit

Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Lebenswelt – Ein didaktisches Konzept zur Unterstützung früher Bildungsprozesse

Gabriele Graube und Ingelore Mammes

1. Kinder in der Begegnung mit Natur und Technik

Die Lebenswelt wird immer komplexer. Dabei innovieren technische Entwicklungen dieselbe und machen sie einerseits komfortabel, andererseits erschwert ihre Komplexität oft auch die Einsichtnahme in Funktions- und Wechselwirkungszusammenhänge zu Natur, Mensch und Gesellschaft. Kinder agieren mit gefertigten Produkten, deren Funktionsweisen nicht mehr einseh- und nachvollziehbar sind. Zusammenhänge zwischen Naturgesetzmäßigkeiten und technischer Nutzung sind nicht mehr zu erkennen. Eine Asymmetrie zwischen einer steigenden technischen Komplexität auf der einen Seite und einer damit gleichzeitigen sinkenden Fähigkeit zur Durchdringung dieser Komplexität kennzeichnet damit die Sozialisationsbedingungen von Kindern.

Direkte Alltagserfahrungen und ein handelnder Umgang mit Natur und Technik sind aber die wichtigsten Quellen für die Ausbildung eines enttäuschungsfesten Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten. Sie bilden darüber hinaus nachhaltig Interessen aus und unterstützen so die Entwicklung der eigenen Persönlichkeit (Baumert & Geiser, 1996; Mammes, 2001).

Eltern sprechen sich daher zunehmend für eine bewusste Auseinandersetzung mit Natur und Technik aus, stoßen in entsprechenden Erziehungsprozessen aber an die Grenzen der eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten (Bertram, 2012). Daher kommt Bildungsinstitutionen in der Auseinandersetzung mit Natur und Technik eine immer größere Bedeutung zu. Besonders Bildungseinrichtungen im frühen Entwicklungsalter können dabei Einfluss auf die Entwicklung der Persönlichkeit durch den Aufbau von Wissen, Fähigkeiten und Selbstvertrauen nehmen (Mammes, 2014). Sie müssen mangelnde Erfahrungsräume ausgleichen und Möglichkeiten zur Auseinandersetzung schaffen (vgl. Mammes, 2001).

Die Auseinandersetzung des Kindes mit seiner Lebenswelt erfolgt zumeist ganzheitlich über die Wahrnehmung von Phänomenen, denen es im Alltag begegnet (z.B. das

Sahneschlagen). Phänomene sind oft mehrdimensional und lassen sich aus Sachverhalten unterschiedlicher Disziplinen erklären (Schlagsahne: Chemie = Fett-in-Wasser-Emulsion & Technik = elektrischer Sahnebesen). Daher ist in der Initiierung der Auseinandersetzung des Kindes mit Natur und Technik ein Zugang zu wählen, der diesen frühkindlichen Begegnungen mit Phänomenen entspricht und ein ganzheitliches Lernen ermöglicht (vgl. GDSU, 2013).

Das hier vorgestellte und weiterentwickelte didaktische Konzept „Natur und Technik“ (vgl. Graube & Mammes, 2013) soll pädagogischen Fach- und Lehrkräften einen solchen Zugang eröffnen. Um ihnen professionelles Handeln zu ermöglichen, sollen im Folgenden didaktische Grundprinzipien und didaktische Leitlinien entwickelt werden.

2. Verknüpfung von Natur und Technik

2.1 Natur und Technik in der Lebenswirklichkeit

In der Unterscheidung zur Natur, die als etwas ‘Gegebenes’ verstanden wird, lässt sich Technik als etwas vom Menschen ‘Gemachtes’, ‘Hervorgebrachtes’ oder ‘Erzeugtes’ definieren (Banse, 2013, S. 26). Technik wird darüber hinaus als sozio-technisches System begriffen (vgl. Ropohl, 2009), d.h. Technik schließt „nicht nur die von Menschen gemachten Gegenstände (technische Sachsysteme, ‘Artefakte’) selbst, sondern [...] auch deren Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge (‘Kontexte’) ein“ (Banse, 2013, S. 27). Dabei ist Technik auch ein Ausdruck für ein erzwungenes, komplexes und zielgerichtetes Zusammenwirken von Naturvorgängen und ein Kompromiss zwischen Gewünschten und Machbaren (z.B. naturgesetzlich, ökologisch, ökonomisch, politisch). Ihr Wesen besteht im Handeln zur Erschaffung von Artefakten zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse. Dieser Zusammenhang lässt sich in der Triade Bedürfnis – Handeln – Artefakt beschreiben.

Vor dem Hintergrund von Gegebenem und Gemachtem lassen sich auch Phänomene unterscheiden. Sie können, wenn sie als Erscheinungen verstanden werden, die der Mensch sinnlich wahrnehmen und abgrenzen kann, in natürliche und technische Phänomene differenziert werden. Natürliche Phänomene sind dann die ohne Zutun des Menschen vorfindbaren Gegebenheiten und stattfindende Vorgänge in der Natur, beispielsweise Blitz, Donner, Regen, Schneefall oder Vogelflug. Technische Phänomene sind vom Menschen gemachte technische Artefakte und die damit verknüpften technischen Prozesse, beispielsweise das Auto und die Bewegung eines Autos. Sie sind Ergebnisse technisch-gestalterischen Denkens und Handelns und beruhen auf naturgesetzlichen Wirkungsweisen. Im technischen (gemachten) Phänomen ist also immer auch ein natürliches (gegebenes) Phänomen enthalten. Tabelle 45 zeigt Merkmale zur Unterscheidung und zum Zusammenhang von Natur und Technik.

	Technik	Natur
Unterscheidung	Das geschaffene Artefakt und das Erschaffen von Artefakten Zweckhafte Artefakte zur Befriedigung von menschlichen Bedürfnissen Produktlebenslauf (Prozess von der Idee bis zur Entsorgung) Technische Systeme und technische Prozesse	Das ohne Zutun des Menschen Gegebene und Stattfindende Gegebenheiten und Vorgänge, die auf Naturgesetzmäßigkeiten basieren Natürliche Systeme und natürliche Prozesse
Zusammenhang	Technik als Artefakt mit dem Ziel, naturale Wirkungszusammenhängen zu nutzen Technik als Eingriff in die Natur (aber auch Gesellschaft) Technik mit erwünschten und unerwünschten Folgen für Natur (aber auch Gesellschaft) Technik zur gezielten Umwandlung von Stoff, Energie und Information	

Tabelle 45: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Natur und Technik

2.2 Disziplinentorientierung und Vernetzung in Bildungsprozessen über Natur und Technik

Die Natur- und Technikwissenschaften prägen grundlegend die Lebenswelt der Menschen. Dabei bringen Technologien permanent neue Produkte und Werkzeuge hervor, die Arbeit und Kultur ebenso wie das Freizeitverhalten beeinflussen und Rückwirkungen auf Natur und Gesellschaft haben. Diese Innovationen entstehen zunehmend durch gemeinsame Entwicklungsarbeit unterschiedlicher Disziplinen (z.B. Medizintechnik). Interdisziplinarität wird somit zu einem Forschungs- und Arbeitsprinzip, ohne die hybride Problemstellungen der Gegenwart und Zukunft nicht gelöst werden können. Ein solch komplexes Zusammenspiel in der Lösung von Problemen erfordert mehr denn je ein ausreichendes Bildungsfundament. Zur Ausbildung eines solchen Fundaments sind Bildungsprozesse notwendig, die einerseits Problemlösungsprozesse und andererseits Kenntnisse und Fertigkeiten aus Natur- und Technikwissenschaften ins Zentrum der Lernarrangements stellen. In diesen Zusammenhängen muss es daher auch ein Bildungsziel sein, zum interdisziplinären Denken zu befähigen, d.h. Wissen und Fertigkeiten aus unterschiedlichen Disziplinen zu verknüpfen (Graube, 2014, Graube, 2013a).

Solche Bildungsprozesse sollten daher nicht allein aus einer Fachorientierung erfolgen, die systematisch disziplininhärente Inhalte zu vermitteln versucht, sondern auch aus Lernarrangements heraus, die Bezug zu unterschiedlichen Disziplinen nehmen.

Beispielsweise liegt in dem oben genannten Problem, aus flüssiger Sahne einen festen Schaum zu schlagen, die Frage, wie eine solche Stoffänderung erfolgt sowie die mögliche Erkenntnis, dass es sich bei Sahne um eine Fett-in-Wasser-Emulsion handelt, die durch Einbringen von Luft das Volumen dieser Emulsion durch das Anhaften der Fettkügelchen an die Luftbläschen vergrößert. Sowohl Physiker als auch Chemiker befassen sich mit diesem Phänomen der Entstehung solcher stabilen Schäume und entwickeln molekularkinetische Viskositätstheorien. Gleichzeitig stellt sich die Frage nach einem geeigneten technischen Mittel, um diesen Zweck zu erreichen. Und das ist das Gebiet der Ingenieure, die für diesen Zweck Werkzeuge, Geräte und Maschinen entwickeln und herstellen. Dieses Beispiel soll verdeutlichen, dass eine Naturgesetzmäßigkeit (molekularkinetische Stoffänderung) durch ein künstlich für diesen Zweck hergestelltes Artefakt (Schneebeesen) genutzt wird, um einen Zweck zu erfüllen und ein menschliches Bedürfnis (Wunsch nach Schlagschaum) zu befriedigen. Alltagspraktische Erfahrungen sowie Wissen und Erkenntnisse aus unterschiedlichen Disziplinen (z.B. wie Lebensmittelchemie, Lebensmitteltechnik und Konstruktionstechnik) lassen sich somit grundsätzlich in einer technischen Problemlösung verknüpfen.

3. Didaktisches Konzept „Natur und Technik“

3.1 Theoretische Vorannahmen

3.1.1 Konstruktivistische Erkenntnistheorie als Grundannahme

War es im deutschen Naturwissenschaftsunterricht weitgehend Praxis, durch fragend-entwickelnden Unterricht Lernende zu instruieren und rezeptive Wissensbestände zu vermitteln, so haben besonders die Ergebnisse von TIMSS und PISA Einfluss auf die Weiterentwicklung solcher Unterrichtspraxis genommen (Stigler et al., 1999; OECD, 2001, 2006). Um das Outcome der Lernenden zu verbessern und aktives Wissen zu entwickeln, soll der Lernende seine Wirklichkeit und damit sein Wissen auf der Basis seiner vorhandenen Vorstellungen selbst konstruieren. Damit liegt der Unterrichtsgestaltung ein pragmatisch-konstruktivistisches Modell vom Lehren und Lernen zugrunde, dessen Ziel es ist, Möglichkeiten zu schaffen, dass sich der Lernende Wissen und Können aus gesammeltem Repertoire aneignet und in bereits bestehende Wissensstrukturen integriert (vgl. Mantura, 1987; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001; Duit 1995; Mammes, 2008). Hier schließt Reichs (2005) konstruktivistische Didaktik für alle Fächer an. Ihre konstruktive Erkenntnisgewinnung bewegt sich nach Reich in einem didaktischen Dreiklang von drei Denk- und Handlungsweisen: dem Konstruieren, dem Rekonstruieren und dem Dekonstruieren. Im Zentrum dieser Didaktik stehen Konstrukte ideeller Art (Wissen) bzw. materieller Art (Artefakte), die konstruiert, rekonstruiert und dekonstruiert werden.

Konstruktion - Erfinden

Der Schwerpunkt dieser Denk- und Handlungsweise liegt auf der Entwicklung von eigenen Ideen und Gedanken der Lernenden und auch deren praktischer Umsetzung (Reich, 2005).

Rekonstruktion - Entdecken

Die Notwendigkeit des Rekonstruierens basiert darauf, dass nicht jede Erkenntnis durch eigene Konstruktion neu erzeugt werden kann. Deshalb müssen auch Konstruktionen anderer im Sinne von Nachvollziehen `entdeckt` werden, dieses Nachvollziehen bestehender Konstruktionen bezeichnet man als Rekonstruktion (vgl. Reich 2005). Entscheidend für den Lernerfolg ist hierbei auch, dass Hintergrund und Motivation des ursprünglichen Konstrukteurs beleuchtet werden (Reich, 2005; vgl. Graube, 2013b).

Dekonstruktion - Enttarnen

Der Fokus der Dekonstruktion liegt auf dem in Frage stellen des Konstruierten und

Rekonstruierten. Dabei sollen Gegensätze, Ambivalenzen und Hintergründe aufgedeckt bzw. enttarnt werden (vgl. Kron, 2004; Reich, 2005). Diese kritisch-reflexive Metaebene des Dekonstruierens kann und sollte sich auf die eigenen und die fremden Konstruktionen beziehen (vgl. Graube, 2013b).

3.1.2 Problemlösen als Grundannahme

Als Problemlösen wird komplexes Denken bezeichnet, das darauf gerichtet ist, ein Hindernis zu überwinden, das das Individuum von einem Ziel trennt (Krech et al. 1985). Viele Probleme erfordern jedoch nur die Reproduktion bereits existierender Lösungen in einer wirksamen Anpassungsleistung. Erst wenn dieses Wissen nicht ausreicht, einen Zielzustand anzustreben, gelangen Problemlöseverfahren zur Anwendung (Edelmann 2000).

3.1.3 Das Problem in Abgrenzung zur Aufgabe

Grundsätzlich ist zunächst zwischen Problem und Aufgabe und damit zwischen Problemlösung und Aufgabenbearbeitung zu unterscheiden. Dabei ist der Grad der Bestimmtheit bzw. Unbestimmtheit entscheidend. Während Aufgaben mit definiertem Ziel und bekannten Mitteln auf bekannte Weise gelöst werden, ist ein Problem durch Unbestimmtheit in den Elementen (1) Anfangszustand, (2) Zielzustand und (3) Wege zur Lösung definiert (Newell & Simon, 1972, zit. in Zimbardo & Gerrig, 2004, S. 372; vgl.: Edelmann & Wittmann, 2012):

Bedeutung des Problemlösens für frühes Lernen

Mehrere Gründe sprechen lernpsychologisch für eine Problemorientierung im Lernprozess (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999), z.B.:

- Probleme wecken im besonderen Maße das Interesse und motivieren zu einer aktiven Auseinandersetzung mit neuen Inhalten.
- Mit Problemen können Lernende sich selbstgesteuert beschäftigen und entwickeln ein Gefühl der Autonomie.
- In den Prozess des Problemlösens können Lernende eigene Vorerfahrungen einbringen und daran anknüpfend konstruktiv tätig sein.

Reinmann-Rothmeier & Mandl (1999) heben bei der Gestaltung problemorientierten Unterrichts die Bedeutung der instruktionalen Unterstützung hervor, die mit aktiv-konstruktiven Lernprozessen verknüpft werden soll.

3.2 Didaktische Grundprinzipien für das Konzept „Natur und Technik“

Unterrichtsprinzipien sind generell handlungsleitende Grundsätze der methodischen Unterrichtsgestaltung (Köck & Ott, 1994; vgl. Petersen, 2001). Sie stellen die Auseinandersetzung mit der Sache in einer gewünschten methodischen Form sicher (z.B. Prinzip der Anschaulichkeit). Daher kommen neben fächerübergreifenden Prinzipien in einem Konzept „Natur und Technik“ auch besondere konzeptinhärente didaktische Grundprinzipien zum Tragen:

3.2.1 Grundprinzip der erkenntnistheoretischen Orientierung

Konstruktion (Erfinden), Rekonstruktion (Entdecken) und Dekonstruktion (Enttarnen) werden dem didaktischen Modell als Basismethoden der Erkenntnisgewinnung zugrunde gelegt. Die Methoden gehen ineinander über, wobei das Enttarnen eine Meta-Methode darstellt, die Erfinden und/oder Entdecken immer wieder neu auslösen kann. Da der Begriff Enttarnen in den Didaktiken der Naturwissenschaften einem anderen Verständnis unterliegt, wird im Weiteren die Begrifflichkeit Reflektieren und Bewerten verwendet.

3.2.2 Grundprinzip des Problemlösens

Erkenntnisgewinnung fokussiert auf den Zusammenhang zwischen Problem und Problemlösung. Probleme stellen somit den Ausgangspunkt von aktiv-konstruktiven Lernprozessen dar, bei denen Lernende instruktional unterstützt werden. Damit dieses Grundprinzip sichtbar bleibt, sollen die zu erstellenden Lernszenarien mit einem Problemlöseablaufplan unterlegt werden.

3.2.3 Grundprinzip der Orientierung am a-disziplinären Alltag/Lebenswelt

Die zu thematisierenden Probleme und Problemlösungen aus Natur und Technik müssen sich am Alltag und an der Lebenswelt der Kinder orientieren (vgl. auch Köck & Ott, 1994, S. 555). Diese Lebenswelt ist von natürlichen und technischen Phänomenen geprägt.

3.2.4 Grundprinzip der Verknüpfung

Eine Verknüpfung der Methoden und Vorgehensweisen der Fachdidaktiken zu Natur und Technik ergibt sich aus den Problemstellungen einer a-disziplinären Lebenswelt. Die Methoden Experimentieren, Modellbildung und technisches Konstruieren können daher aufeinander bezogen und verknüpft werden.

3.3 Didaktisches Modell „Natur und Technik“

Abbildung 18 zeigt das aus den Prinzipien abgeleitete didaktische Modell „Natur und Technik“. Dabei kann der Problem-Problemlösungs-Zusammenhang durch die drei Denk- und Handlungsweisen *Konstruktion (Erfinden)*, *Rekonstruktion (Entdecken)* und *Dekonstruktion (Reflexion)* in Anlehnung an die systemisch-konstruktivistische Didaktik strukturiert werden.

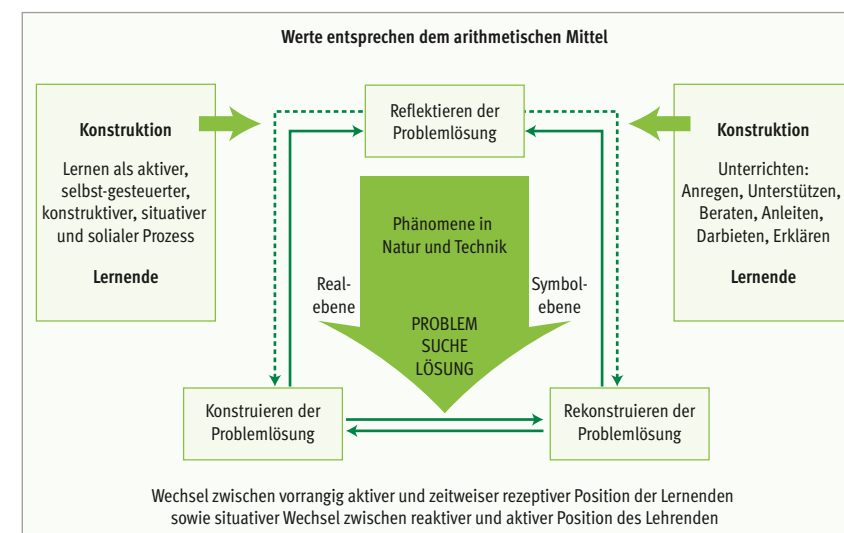


Abbildung 18. Didaktisches Modell „Natur und Technik“ (nach Graube & Mammes, 2013, S. 19)

3.4 Didaktische Leitlinien für das Konzept „Natur und Technik“

In Abhängigkeit von der Art des Phänomens und seiner spezifischen Problemstellung lassen sich zwei unterschiedliche didaktische Leitlinien zu Natur und Technik entwickeln. Diese Leitlinien spiegeln einerseits eher naturwissenschaftliche Denk- und Handlungsabläufe (Leitlinie Forschen) und andererseits eher technikwissenschaftliche Denk- und Handlungsabläufe (Leitlinie Entwickeln) wieder. Während die Leitlinie Forschen primär erkenntnisgenerierend orientiert ist, ist die Leitlinie Entwickeln primär technikgenerierend orientiert (siehe Tabelle 46). Beide Leitlinien können, in Abhängigkeit vom Phänomen und der pädagogischen Intention, auch verknüpft werden.

	Leitlinie FORSCHEN Primär erkenntnisgenerierend	Leitlinie ENTWICKELN Primär technikgenerierend
Anfangszustand	unvollständiges Wissen	unbefriedigender Zustand
Zielzustand	Wissenszuwachs, Erkenntnis	befriedigender Zustand, Eingriff
Vorgehen (Mittel)	Experimentieren	Konstruieren
Motivation/ Antrieb	Neugier (Homo investigans)	Bedürfnisbefriedigung (Homo creator)
Problem- Lösungs-Zusam- menhang	Frage - Antwort	Technisches Problem - technische Lösung
Zielrichtung	Kausale Orientierung (In die „Black Box“ hineinschauen)	Finale Orientierung („Black Box“ bauen)

Tabelle 46: Leitlinien für Lernprozesse „Forschen“ und „Entwickeln“

Leitlinie Forschen - ein erkenntnisgenerierender Zugang

Forschen ist auf Erkenntnisgewinn gerichtet. Ausgehend von einer Wahrnehmung wird ein natürliches und/oder technisches Phänomen untersucht. Forschen lässt sich in Schritte untergliedern, die sich in einem Kreislauf abbilden lassen und rekursiv angelegt sein können. Dabei ist der Einstieg in den Prozess zumeist erst explorativ. Besonders die kindliche Auseinandersetzung ist zunächst eher spielerisch und unsystematisch, kann aber durch entsprechende Lernbegleitung in eine systematische, wissenschaftsorientierte Beschäftigung mit dem Phänomen transferiert werden.

Zur Initiierung einer solchen zielgerichteten Auseinandersetzung kann eine didaktische Leitlinie Forschen Hilfestellung leisten:

1. Natürliches oder technisches Phänomen wahrnehmen
2. Frage formulieren
3. Antwort suchen
4. Antwort formulieren
5. Erkenntnis reflektieren.

Der Problem-Lösungs-Zusammenhang stellt sich beim forschenden Denken und Handeln zur Untersuchung eines Phänomens in einem Frage-Antwort-Zusammenhang dar.

Leitlinie Entwickeln - ein technikgenerierender Zugang

Entwickeln im erkenntnistheoretischen Sinne ist auf das Generieren eines ideellen und/oder materiellen Konstruktes gerichtet. Ausgehend von einem unbefriedigenden Ausgangszustand (Bedürfnislage) wird im technischen Handeln eine technische Pro-

blemlösung entwickelt, geprüft und ggf. optimiert. Entwickeln lässt sich ebenfalls in didaktische Leitlinie mit verschiedenen Phasen untergliedern:

1. Technisches Phänomen mit spezifisch technischen Problem wahrnehmen
2. Technisches Problem formulieren
3. Vorhandene oder neue technische Lösungsideen suchen
4. Technische Lösungen umsetzen, testen und optimieren
5. Technische Lösung reflektieren.

Der Problem-Lösungs-Zusammenhang stellt sich beim entwickelnden Denken und Handeln in der Beziehung „technisches Problem – technische Lösung“ dar.

Verknüpfung der Leitlinien Forschen und Entwickeln

Technische Lösungen sind auch möglich, wenn die naturgesetzlichen Zusammenhänge nicht bekannt oder noch nicht erkannt sind. Das wird bei Kindern in der Regel der Fall sein. Das Wissen zu naturgesetzlichen Zusammenhängen, die beispielsweise durch Forschen erlangt werden kann, erleichtert jedoch die Problemlösung. Umgekehrt kann das Erforschen eines Naturphänomens dazu führen, dass Kinder ein technisches Problem erkennen, das sie auch lösen wollen.

3.5 Beispiel einer Verknüpfung „Ted in Not“

Nachfolgend sollen die beiden didaktischen Leitlinien an einem Beispiel erläutert werden. Dabei steht der Bär Ted im Zentrum eines technischen Problems.

Start mit der Leitlinie Entwickeln:

1. Technisches Problem wahrnehmen:

Der Bär Ted ist mit seinem Fallschirm aus einem Flugzeug nahe dem Meer gesprungen. Der Wind hat sich jedoch während des Fluges gedreht und Ted landet statt auf dem Festland auf einer Insel im Meer. Nun sitzt er dort fest. Er kann nicht schwimmen, möchte aber zurück zum Festland!

2. Technisches Problem formulieren:

Wie kann Ted die Distanz zum Festland überwinden? Um das Problem zu lösen, kann Ted nur die auf der Insel vorhandenen Materialien nutzen.

3. Technische Lösungsideen suchen:

Nun werden vorhandene oder neue Lösungen gesucht (z.B. Bau einer Brücke, eines Boots oder Flugkörpers). Haben sich die Kinder für den Bau eines Bootes entschieden,

können sich die Frage nach der Schwimmfähigkeit von unterschiedlichen Materialien und damit das Forschen anschließen.

Weiterführung mit der Leitlinie Forschen:

4. Frage formulieren:

Die Kinder formulieren zunächst die Frage, was schwimmt und was im Wasser sinken wird und entwickeln ggf. Vermutungen.

5. Antwort suchen:

Durch Experimente zum Schwimmen und Sinken von unterschiedlichen Materialien können die Kinder Erkenntnisse generieren.

6. Antwort formulieren:

Die Erkenntnisse werden formuliert, z.B. Korken schwimmen.

7. Erkenntnis reflektieren:

Die Erkenntnisse aus dem Experiment werden reflektiert, z.B. Korken schwimmen, daher kann ich diese für den Bau eines Bootes verwenden.

Fortsetzung der Leitlinie Entwickeln:

8. Technische Lösung umsetzen und testen:

Die Erkenntnisse zum Schwimmen und Sinken können nun in den Bau eines Bootes eingebracht werden (z.B. aus Korken baue ich ein Boot). Das Boot wird gebaut, in einer Testphase mit Ted als zu tragendem Gewicht getestet.

9. Technische Lösung reflektieren:

Die unterschiedlichen Lösungen der Kinder werden untereinander verglichen und reflektiert (z.B. Boot aus Styropor und Boot aus Korken). Nach der Reflektion der technischen Lösung (z.B.: Das Boot aus Korken hat Ted auf der Überfahrt zum Festland nicht tragen können) kann eine Optimierung oder eine neue Lösung gesucht werden (z.B. Stabilisierung des aus Korken gebauten Bootes oder Neubau). Die Leitlinie Entwickeln kann neu begonnen werden.

4. Fazit

Die Auseinandersetzung mit Natur und Technik wird in einer durch Technik geprägten Gesellschaft immer bedeutsamer. Dabei macht sich der Mensch natürliche Gesetzmäßigkeiten mit Technik nutzbar und greift und verändert in Natur ein.

Die Auseinandersetzung mit Natur und Technik kann dabei nicht nur einem `technischen Analphabetismus´ vorbeugen und Technikmündigkeit entwickeln, sondern darüber hinaus auch identitätsstiftend sein. Dabei muss eine solche Auseinandersetzung früh einsetzen, da sich Interessen und Selbstkonzepte bereits in der frühen Kindheit entwickeln und nur so Stabilität aufweisen.

Disziplinär angelegte Begegnungen des Kindes mit der Lebenswelt im frühen Alter sind eher selten. Die von Kindern wahrgenommenen Phänomene sind zumeist hybrider Natur und nicht einer einzelnen Disziplin zuzuordnen. Besonders natürliche und technische Phänomene sind häufig eng miteinander verbunden. Daher sollte eine institutionell initiierte Auseinandersetzung in Kita und Grundschule dieser Verknüpfung folgen, jedoch dabei disziplinübliches methodisches Vorgehen berücksichtigen.

Zu diesem Zweck wurde ein didaktisches Konzept Natur und Technik entwickelt. Dieses ermöglicht die Professionalisierung pädagogischer Fachkräfte, indem es durch didaktische Grundprinzipien und Leitlinien Unterstützung für das professionelle Handeln gibt. Problemlöseprozesse stehen dabei in Anlehnung an pragmatisch-konstruktivistischen Lernsettings immer im Zentrum. Zwei idealtypische didaktische Leitlinien geben Anleitung zur didaktischen Ausgestaltung typischer Handlungsabläufe in der Auseinandersetzung mit Phänomenen und Problemstellungen in Natur und Technik.

Dieses Konzept kann dabei ein Bildungsfundament ausgestalten, das interdisziplinäres Problemlösefähigkeit anbahnt, d.h. Wissen und Fertigkeiten aus unterschiedlichen Disziplinen zur Problemlösung verknüpft. Damit verfolgt das Konzept einen innovativen didaktischen Ansatz zur Vermittlung von MINT-Bildung, die integrativ verstanden und umgesetzt wird. Ein solches Konzept entbindet nicht von einer Disziplinentzung, denn jede Interdisziplinarität erfordert Disziplinarität. Insofern müssen sich diese Konzepte auch in Bildungsprozessen ergänzen.



Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht

Stiftung Haus der kleinen Forscher

1. Empfehlungen aus den Fachbeiträgen für die (Weiter-)Entwicklung der Stiftungsangebote
2. Ausblick

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht

Stiftung Haus der kleinen Forscher

1. Empfehlungen aus den Fachbeiträgen als Grundlage für die (Weiter-)Entwicklung der Stiftungsangebote

Alle Stiftungsangebote fundieren auf zugrundeliegenden Zieldimensionen für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte im jeweiligen Themenbereich. Diese Zieldimensionen dienen der Stiftung als Orientierungsgrundlage für ihre inhaltlichen Angebote und helfen dabei zu spezifizieren, welche Ziele mit bestimmten Stiftungsangeboten erreicht werden sollen. Darüber hinaus bildet das Modell der Zieldimensionen die theoretische und empirische Grundlage für die wissenschaftliche Begleitung und die Überprüfung dieser Ziele.

Nach der Publikation der Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Elementar- und Primarbereich (vgl. Band 5 dieser Schriftenreihe, Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013a), werden hier die fachlichen Empfehlungen zu Zieldimensionen früher technischer Bildung und ihre Relevanz für die inhaltliche (Weiter-)Entwicklung der Stiftungsangebote zum Themenbereich „Technik“ dargestellt. Neben den wissenschaftlichen Empfehlungen zu den Zieldimensionen fließen auch Praxiserfahrungen aus dem ersten Technik-Angebot für sechs- bis zehnjährige Kinder sowie Erkenntnisse von Fachforen (2010 und 2012) und der Tagung mit der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) im Jahr 2013 in die (Weiter-)Entwicklung der Stiftungsangebote ein. Bei der Weiterentwicklung geht es nun darum, die Angebote im Bereich technischer Bildung für drei- bis zehnjährige Kinder bzw. die Pädagoginnen und Pädagogen in Kita, Hort und Grundschule auszubauen. Hierbei sollen unter anderem echte Werkzeuge sowie verschiedenartige Materialsysteme genutzt werden. Besonders wichtig ist es dabei, Praxisnähe herzustellen und pädagogische Fach- und Lehrkräfte in der Umsetzung technischer Bildungsinhalte zu stärken.

Folgende Zieldimensionen technischer Bildung verfolgt die Stiftung auf Ebene der Kinder (vgl. Anhang 1.1):

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik
- Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten und technische Kreativität
- Technisches Wissen

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte stellt die Stiftung gemäß der durch Kosack et al. empfohlenen Priorisierung diese Zieldimensionen in den Vordergrund (vgl. Anhang 1.2):

- Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik
- Technisches Wissen
- Fachdidaktisches Wissen

Alle inhaltlichen Formate der Stiftung zielen darauf, die Entwicklung von Kindern im Kita- und Grundschulalter in den Zieldimensionen zu stärken. Die meisten Angebote unterstützen pädagogische Fach- und Lehrkräfte, die dann als Lernbegleitung die Mädchen und Jungen in den Bildungseinrichtungen in ihrer Auseinandersetzung mit Technik begleiten und kindliche Lern- und Entwicklungsprozesse fördern.

Im Folgenden sind die einzelnen Zieldimensionen und ihre konkrete Umsetzung in den Stiftungsangeboten für Erwachsene und Kinder ausführlich beschrieben.

1.1 Motivation und Interesse im Umgang mit Technik

Die erste von Kosack et al. formulierte Zieldimension lautet „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“. Sie gilt für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte gleichermaßen und unterstreicht die Bedeutsamkeit, dass Begeisterung, Neugier und Interesse ein wesentlicher Schlüssel für einen positiven Zugang zu Technik sind. Zu ihr gehören:

- die Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit technischen Fragestellungen („Habe ich Lust dazu?“)
- die eigenen Wertungen und Einstellungen zu Technik („Ist mir Technik und Technikwissen wichtig?“)
- eine realistische Selbstwirksamkeitseinschätzung („Wie und wo kann ich Technik mitgestalten?“)

- das Interesse an technischen Artefakten, Tätigkeiten und Berufen („Was genau interessiert mich an Technik?“)

Ziel in der Umsetzung ist es, eine offene und sachliche Haltung von Kindern wie auch pädagogischen Fach- und Lehrkräften gegenüber Technik zu entwickeln, die weder eine allgemeine Technikangst noch einen unreflektierten Technikenthusiasmus erkennen lässt. Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte sollen Freude an der Gestaltung technischer Bildung im pädagogischen Alltag entwickeln und motiviert werden, ihren und den kindlichen Interessen an technischen Fragestellungen nachzugehen.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Im Hinblick auf diese Zieldimension ist es wichtig, den Kindern wie auch den pädagogischen Fach- und Lehrkräften positive Grunderfahrungen mit Technik zu ermöglichen, das Wiedererkennen ihrer technikbezogenen Lernerfahrungen vor allem im Alltag möglichst einfach zu machen, und ihnen eigene Gestaltungsspielräume in Bezug auf Technik und technisches Handeln aufzuzeigen bzw. zu schaffen. Die kontinuierlichen Fortbildungen, die die Stiftung konzipiert und die in den regionalen Netzwerken durch die Trainerinnen und Trainer bundesweit durchgeführt werden, zielen in ihrer Gestaltung stets darauf ab, den pädagogischen Fach- und Lehrkräften (wieder) einen positiven Zugang zu ermöglichen und eine offene, technik-affine Haltung zu entwickeln.

Das betrifft insbesondere auch die konkreten Praxisideen, deren Impulse und Handlungsaufträge entsprechend anregend gestaltet werden. Zahlreiche anschauliche Ideen finden sich in den pädagogischen Materialien z.B. auf den Karten-Sets für Fach- und Lehrkräfte und für Grundschulkinder wie auch auf der Kinder-Website www.meine-forscherwelt.de. Diese Praxisideen sollen Kinder wie Erwachsene herausfordern, gleichzeitig aber auch erfolgreich zu bewältigen sein, um ihre Freude an der Auseinandersetzung mit technischen Frage- oder Problemstellungen zu wecken und zu erhalten.

1.2 Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten und Technische Kreativität

Die Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ ist laut Kosack et al. sowohl auf Ebene der Kinder, wie auch auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte von großer Bedeutung für die frühe technische Bildung. Zu ihr gehören einerseits techniktypische Denk- und Handlungsweisen (z. B. Ideen finden, etwas herstellen, Experimente durchführen, verbalisieren), andererseits die Bewertung technischer Sachverhalte und Produkte (z. B. Abwägen, Analysieren, Vergleichen, Bewerten)

und das wissenschaftliche Denken im Zusammenhang mit materiellen Objekten, Phänomenen und Vorgängen. Kosack et al. weisen darauf hin, dass zur Technik viele typische Tätigkeiten und Vorgehensweisen, in denen sich die Mädchen und Jungen ausprobieren und dabei ihre Fähigkeiten altersangemessen verfeinern können, gehören. Damit steht im Umgang mit technischen Sachverhalten das *prozesshafte Handeln* im Vordergrund.

Die Zieldimension „Technische Kreativität“ ist für Kinder wie auch für pädagogische Fach- und Lehrkräfte von hoher Relevanz. Nur wenn eine pädagogische Fach- oder Lehrkraft gegenüber technischen Innovationen aufgeschlossen ist und selbst kreativ Lösungen für technische Probleme finden kann, kann sie kindliche Kreativität gezielt fördern und eine anregungsreiche Lernumgebung für die Kinder gestaltet werden. Für die Zieldimension „Technische Kreativität“ sind zwei unterschiedliche Aspekte des Problemlöseverhaltens zu berücksichtigen. Zum einen sind dies personenbezogene Aspekte, wie z. B. die Ausdauer bei der Realisierung einer Lösung, zum anderen sind es produktbezogene Aspekte, die vor allem am fertigen Produkt zu beobachten sind, wie z. B. eine einfallsreiche Lösung. Die technische Kreativität kann sich sowohl im fertigen Produkt als auch im Entstehungsprozess ausdrücken.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

In der Auseinandersetzung mit Technik sind technische Denk- und Handlungsweisen wie auch allgemeine wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen von essentieller Bedeutung. Die Stiftung verfolgt das Ziel, pädagogische Fach- und Lehrkräfte und Kinder mit diesen Arbeitsweisen vertraut zu machen. Durch das prozesshafte Vorgehen in den Präsenzfortbildungen lernen die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte verschiedene Methoden kennen und werden befähigt, diese einzusetzen.

In Analogie zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung, in der die Methode Forschungskreis (vgl. Pädagogischen Ansatz der Stiftung in Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015a) zum Einsatz kommt, ist es auch in der frühen technischen Bildung wichtig, prozesshafte, zyklische Arbeitsweisen kennen und anwenden zu lernen. Eine wichtige Methode für die Erreichung der Zieldimension „Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten“ ist der *Design Process*, der ein allgemeines Problemlöseverfahren beschreibt, insbesondere bei Konstruktionsaufgaben (vgl. Kosack et al., Kapitel A in diesem Band; International Technology and Engineering Education Association, 2007). Die Auseinandersetzung mit der Methode „Design Process“ verdeutlicht die einzelnen Phasen z.B. bei der Durchführung einer Konstruktionsaufgabe anhand konkreter Anwendungsbeispiele und ist zugleich eine Methode, um auf der Meta-Ebene das Technikkennen zu reflektieren. In Rahmen der weiteren Entwicklung

von Inhalten und Formaten zum Themenbereich „Technik“, widmet sich die Stiftung u.a. der Entwicklung eines Methodenkreises auf Basis des Design Process. Der Design Process wird in den folgenden Jahren in Abstimmung mit Expertinnen und Experten, unter anderem Vertreterinnen und Vertreter der niederländischen Initiative „Techniek en ik“, weiter entwickelt und in die Stiftungsformate einfließen.

Da das prozesshafte Arbeiten im Umgang mit technischen Sachverhalten ein langfristiges Stiftungsziel darstellt, ist geplant, den Design Process wiederholt im kontinuierlichen Fortbildungsangebot zu verankern, um pädagogische Fach- und Lehrkräfte wie auch in Ansätzen die Kinder im Kita- und Grundschulalter zum technischen Handeln, Bewerten und Denken zu befähigen. Mit Hilfe der regelmäßigen Fortbildungsbesuche, der Reflexion des Gelernten und dem Austausch mit Kolleginnen und Kollegen soll es dauerhaft gelingen, ein prozesshaftes, technisches Wissenschaftsverständnis weiterzuentwickeln.

In Rahmen von Praxiserfahrungen durch die Pilotierung der Stiftungsangebote und anhand von Rückmeldungen von pädagogischen Fach- und Lehrkräften hat die Stiftung bereits Erfahrungen gesammelt, wie die Zieldimension „Technische Kreativität“ umgesetzt werden kann. Grundlage für die Angebote zur technischen Kreativität bildet der Beitrag von Hermann Krekeler zu verschiedenen Typen, oder „Spezialisten“ in der Broschüre zum Thema „Technik – Bauen und Konstruieren“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2012b). Krekeler charakterisiert „Bastler“, „Tüftler“, „Erfinder“ und „Künstler“, zeigt ihre typischen Schwächen und Stärken auf und nennt charakteristische Bedingungen der Lernumgebung und des Handlungsauftrags, die diesen „Spezialisten“ besonders helfen, zu erfolgreichen, individuellen Problemlösungen zu kommen. Diese Typologie von Herangehensweisen war ein Schwerpunkt der Fortbildung zum oben genannten Thema und wurde von den pädagogischen Fach- und Lehrkräften als ausgesprochen hilfreich für die konkrete Gestaltung von Praxisideen bewertet. Darauf aufbauend soll auch die zukünftige Entwicklung der Praxisideen gestaltet werden. Zudem ist eine weitere Auseinandersetzung mit den verschiedenen Typen für die Fortbildungen und Broschüren geplant. So wird in der Fortbildung immer wieder thematisiert, dass es viele verschiedene Lösungen und Lösungswege für ein Problem geben kann. Hier soll der Kreativität der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte und vor allem der Kinder freier Lauf gelassen werden. Die Überprüfung der technischen Lösung, ob z.B. die umgesetzte Konstruktion tragfähig und stabil ist, erfolgt dann unter dem Aspekt der Bewertung des technischen Produkts, und spielt zunächst für die technische Kreativität keine größere Rolle.

1.3 Wissen über technische Zusammenhänge

Um Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit Technik und ihrem Wissenserwerb zu technischen Zusammenhängen begleiten und unterstützen zu können, bedarf es auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte konkreten technischen Wissens. Mittelfristiges und langfristiges Stiftungsziel ist es, die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte anzuregen, sich entsprechendes Hintergrundwissen über technische Zusammenhänge anzueignen und Kinder in ihrer Wissensaneignung zu unterstützen.



Zur Zieldimension „Technisches Wissen“ gehören folgende Aspekte:

- (Meta-)Verständnis von Technik
- Wissen über Materialeigenschaften
- Wissen über Werkzeuge und Geräte
- Wissen über technische Mechanismen

Von hoher Bedeutung ist hierbei, dass die Lebenswirklichkeit der Kinder und der Erwachsenen erkannt und die Auseinandersetzung nicht auf wenige technisierte Objekte beschränkt wird. So gehört zum (Meta-)Verständnis von Technik auch das Wissen darüber, wie Technik entsteht und technische Handlungen entwickelt, verfeinert und erlernt werden, ebenso wie die Erkenntnis, dass es zu einem gegebenen Problem viele mögliche Lösungen gibt und es von der speziellen Situation abhängt, welche dieser Lösungsansätze besser oder schlechter geeignet sind.

Somit ist ein Verständnis über naturale Wirkzusammenhänge, die Gestaltungsoffenheit bei der Lösung eines technischen Problems sowie die Bewertung technischer Sachverhalte zentraler Bestandteil des technischen Wissens. Dieses Wissen wird in der Auseinandersetzung mit bestimmten Inhaltsbereichen thematisiert und konkretisiert.

Für diese soziotechnisch geprägte Auswahl und Klassifizierung der Inhalte haben folgende **fünf Problem- und Handlungsfelder in der technischen Allgemeinbildung** allgemeine Zustimmung gefunden:

- Arbeit und Produktion,
- Bauen und Wohnen,

- Versorgung und Entsorgung,
- Transport und Verkehr,
- Information und Kommunikation.

Dabei handelt es sich um individuell und gesellschaftlich bedeutsame Bereiche, in denen Technik wichtig für die Lebensbewältigung, die Lebensgestaltung und die Lebensbedingungen der Menschen ist (vgl. dazu Kosack et al., Kapitel 3.1, in diesem Band).

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die Themenentwicklung und die Ausgestaltung der Stiftungsangebote erfolgt weitgehend angelehnt an die genannten technischen Problem- und Handlungsfelder.

In den nächsten Jahren werden vier weitere Themenfelder als Fortbildungsmodul mit pädagogischen Materialien entwickelt und für pädagogische Fach- und Lehrkräfte und Kinder im Kita- und Grundschulalter zur Verfügung stehen (siehe Tabelle 47).

Geplante Themenmodule der Stiftung ⁵⁹	Technisches Problem- und Handlungsfeld
Kräfte und Wirkungen	Technik und Naturwissenschaften ⁶⁰
Fortbewegung und Transport	Transport und Verkehr
Bauen und gebaute Umwelt	Bauen und Wohnen
Große Systeme	Arbeit und Produktion, Versorgung und Entsorgung

Tabelle 47: Übersicht über die geplanten Themenmodule der Stiftung im Bereich technischer Bildung

Das Fortbildungskonzept und die pädagogischen Materialien zum Themenfeld „**Kräfte und Wirkungen**“ werden eine systematische Auseinandersetzung mit naturalen Wirkmechanismen wie etwa Hebelkraft, Reibung, Federkraft u. ä. ermöglichen. Solche Kräfte und ihre Wirkungen werden in allen Handlungsfeldern der Technik gezielt genutzt. Das Wissen darüber kann daher als technisches Basiswissen gelten. Dieses Themenfeld zeichnet sich zudem neben seiner zentralen Bedeutung für die Technik und Technikwissenschaften durch starke Überschneidungen mit den Naturwissenschaften aus, insbe-

⁵⁹ Die Aspekte des Wissens über Materialeigenschaften sowie über Werkzeuge und Geräte werden in separaten Modulen angeboten, die in die vier Themenmodule eingebettet sein werden.

⁶⁰ Das Themenmodul I „Kräfte und Wirkungen“ lässt sich keinem Problem- und Handlungsfeld zuordnen. Es dient der Einstimmung in den Themenbereich technische Bildung und greift Überschneidungen bzw. Abgrenzungen von technischer zu naturwissenschaftlicher Bildung auf.

sondere der Physik/Mechanik, die diese Wirkungen und Kräfte zum Gegenstand ihrer Forschung haben. In den Technikwissenschaften liegt der Fokus hingegen auf der gezielten Nutzung und Anwendung dieser Kräfte. Das Themenfeld „Kräfte und Wirkungen“ ist daher besonders gut als Übergang vom bisher eher naturwissenschaftlich geprägten Angebot der Initiative hin zu einem auch technischen Bildungsangebot geeignet.

Die Auseinandersetzung mit Kräften und Wirkungen sind keinem der oben genannten Problem- und Handlungsfelder des mehrperspektivischen Ansatzes eindeutig zuzuordnen. Je größer jedoch das Vorwissen über diese Wirkungen ist, desto vielfältiger sind die Möglichkeiten, sich mit den Inhalten aller Problem- und Handlungsfelder auseinanderzusetzen und sie zu erkunden. Der thematische Einstieg über Kräfte und Wirkungen kann daher als wichtiger Baustein für die nachfolgenden Themen gelten, er eröffnet den Kindern einen deutlich größeren Handlungsspielraum für alle folgenden Auseinandersetzungen mit Technik. Die Auseinandersetzung mit solchen grundlegenden Wirkmechanismen wird in der Expertise von Kosack et al. ausdrücklich empfohlen.

Die weiteren Themenmodule „**Fortbewegung und Transport**“, „**Bauen und gebaute Umwelt**“ und „**Große Systeme**“ werden nachfolgend voraussichtlich im Zwei-Jahres-Abstand entwickelt und als Stiftungsangebote zur Verfügung gestellt. Innerhalb der Folgethemen werden die weiteren Aspekte der „unverzichtbaren Elemente des Lernens über Technik“ in den Fokus gerückt. Es kommen die Aspekte der *Gestaltungsoffenheit konkreter Problemlösungen* sowie der *Bewertung von Artefakten* im Hinblick auf Funktionserfüllung, Nebenwirkungen und Einbettung in den kulturellen Zusammenhang zum Tragen. Das Themenfeld „Große Systeme“ entspricht dabei im Wesentlichen den beiden Handlungsfeldern „Arbeit und Produktion (bzw. Produktion und Produkt) sowie Versorgung und Entsorgung. Es deckt somit zwei der Problem- und Handlungsfelder des mehrperspektivischen Ansatzes ab.

Zum Problem- und Handlungsfeld „**Information und Kommunikation**“ existieren bereits einige Angebote der Stiftung. „Kommunikation“ war in 2014 das Thema des „Tags der kleinen Forscher“. Hierzu wurde die Broschüre „Kannst du mich verstehen – Die Vielfalt der Kommunikation“ erarbeitet (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2014a) und verschiedene Praxisideen u.a. in der Kita-Zeitschrift „Forscht mit!“ und auf der Stiftungswebsite angeboten. Dieser Inhaltsbereich wird zunächst nicht im Stiftungsangebot zur frühen technische Bildung aufgenommen, wird aber perspektivisch im Stiftungsangebot zum Themenbereich „Informatische Bildung“ wieder aufgegriffen werden. Die Aspekte des Wissens über Materialeigenschaften sowie über Werkzeuge und Geräte, die auch zu der Zieldimension des technischen Wissens gehören, werden als

separate Module innerhalb der vier oben beschriebenen Themenmodule angeboten, z. B. in Form eines Werkzeugführerscheins. Der Werkzeugführerschein wurde im Rahmen einer Kooperation zu „KiTec-Kinder entdecken Technik“ zwischen der Wissensfabrik, der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und dem ZNL (Transfer Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen Ulm) entwickelt (vgl. Wissensfabrik, in Druck). Mit Hilfe dieses Ansatzes können sich die Mädchen und Jungen im sicheren und sachgerechten Umgang mit gebräuchlichen Werkzeugen wie etwa Hammer, Säge, Schraubendreher u.a. üben. Der Werkzeugführerschein wird als unabhängiges und inhaltsübergreifendes Modul angeboten werden, z. B. als Download auf der Webseite. Er wird voraussichtlich im Themenfeld „Bauen und gebaute Umwelt“ als Element des Workshops und durch Querverweise in den zugehörigen Printmaterialien wieder aufgegriffen. In einem ersten Schritt sind jedoch zahlreiche Aspekte der Funktionsweisen von Werkzeugen bereits im Themenfeld „Kräfte und Wirkungen“ enthalten.

Geplant ist außerdem ein dem Werkzeugführerschein ähnliches Modul zu Werkstoffen, das eine systematische Erkundung und Auseinandersetzung mit den Eigenschaften gebräuchlicher Materialien wie z. B. Papier, Holz, Kunststoff, Textilien oder Metall ermöglicht und Grunderfahrungen zu ihrer Be- und Verarbeitung anbietet. Ein solches Modul wird ebenfalls in eins der vier Themenfelder eingebettet werden.

Die Auseinandersetzung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte mit dem Meta-Verständnis von Technik wird vor allem im Rahmen der Fortbildungen stattfinden. Des Weiteren soll in den jeweiligen Themenbroschüren sowie in ergänzenden Online-Angeboten eine Vertiefung erfolgen.

1.4 Fachdidaktisches Wissen und pädagogische Handlungsstrategien

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte beschreiben Kosack et al. das fachdidaktische Wissen als eine essentielle Zieldimension. Die Stiftungsarbeit zielt darauf ab, die pädagogischen Handlungsstrategien der Fach- und Lehrkräfte zu stärken. Die Aneignung konkreter Fertigkeiten in der Auseinandersetzung mit technischer Bildung ist daher ein zentrales Ziel der Stiftungsarbeit und trägt zur Weiterqualifizierung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte bei. Von großer Bedeutung sind dabei das Wissen über die Ziele technischer Bildung, Kenntnisse über verschiedene didaktische Methoden sowie die Gestaltung effektiver Lernumgebungen, so wie es auch im Beitrag von Graube und Mammes (in diesem Band) thematisiert wird.



Abbildung 19. Titelseite und Inhaltsverzeichnis der Themenbroschüre „Technik – Kräfte nutzen und Wirkungen erzielen“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015b).

INHALT

4	Stiftung „Haus der kleinen Forscher“
5	Grußwort
7	Über diese Broschüre
9	TECHNIK UND TECHNISCHE ALLGEMEINBILDUNG
9	Was ist Technik?
12	Wimmelbild: Möge die Kraft mit dir sein!
14	Frühe technische Bildung
17	Technik in den Bildungs- und Rahmenlehrplänen
18	Der Blick vom Kind aus – Entwicklung der Intentionalität
20	ANREGUNGEN FÜR DIE PÄDAGOGISCHE PRAXIS
21	Methoden der Technikbildung
34	Probleme lösen
42	Kettenreaktion
48	LERNEN MIT DEM TRINKHALM
49	Wie man den Gesetzen der Mechanik auf die Schliche kommt
56	Können Fische ertrinken?
58	WISSENSWERTES FÜR INTERESSIERTE ERWACHSENE
62	Literaturverzeichnis, Lesetipps und Links
63	Danksagung, Impressum

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte lernen in den Fortbildungen und pädagogischen Materialien der Stiftung konkrete pädagogische Handlungsansätze kennen, mit denen sie die Kinder in deren Lernprozessen unterstützen können. Es werden beispielsweise in den Fortbildungen innerhalb von Übungsphasen konkrete Methoden ausprobiert und in anschließenden Reflexionsphasen der Transfer in die Praxis thematisiert. So gelingt es immer wieder, anhand verschiedener Beispiele und Praxiserfahrungen gemeinsam die Frage zu thematisieren, wie das Gelernte in der praktischen Arbeit mit den Kindern umgesetzt werden kann. Des Weiteren wird beispielsweise in der Broschüre zum Thema „Kräfte und Wirkungen“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015b; siehe Abbildung 19) aufgezeigt, wie technische Bildung in den Bildungs- und Rahmenlehrplänen verankert ist. Zudem wird der Blick vom Kind aus auf die Entwicklung technischen Handelns erläutert. Dadurch erhalten die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte einen sowohl praxisorientierten Einblick in die frühe technische Bildung als auch Wissen über die Ziele früher technische Bildung. Vertiefende Aspekte der Technikdidaktik sollen in Online-Kursen für pädagogische Fach- und Lehrkräfte thematisiert werden und werden derzeit konzipiert.

Ziel der Stiftungsangebote im Bereich Technik ist es, den Fach- und Lehrkräften zu ermöglichen, unterschiedliche technikdidaktische Methoden kennenzulernen und diese in Abhängigkeit der Zielstellung einer Aufgabe einsetzen zu können.

Der mehrperspektivische Ansatz der Technikbildung umfasst ein vielseitiges Methodenrepertoire (vgl. Jeretin-Kopf et al., in diesem Band), auf das sich die Themenentwicklung bezieht. Hierzu gehören:

- **Konstruktionsaufgabe:** Konstruktion und modellhafte Realisierung technischer Funktionseinheiten
- **Fertigungsaufgabe:** Herstellung von Gegenständen nach inhaltlicher Vorgabe
- **Technisches Experiment:** Experimentelle Analyse von Leistungs- und Wirkungszusammenhängen in technischen Systemen und von technischen Eigenschaften von Werkstoffen und Hilfsmitteln
- **Produkt- u. Werkanalyse, Warentest:** Kritische Untersuchung technischer Objekte und Verfahren
- **Werkaufgabe:** Planung, Gestaltung und Fertigung von Gebrauchsgegenständen
- **(Betriebs-)Erkundung:** Erkundung technischer Systeme, technologischer Prozesse und technikbezogener Arbeitsplätze
- **Lehrgang:** Vermitteln und Einüben von fachlichen Kenntnissen und Techniken
- **Technikhistorische Studie:** Erkundung technikhistorischer Entwicklungen und ihrer Auswirkungen
- **Projekt:** Planung und Durchführung von fächerverbindenden Vorhaben und Aktionen
- **Recyclingaufgabe:** Außerbetriebnahme von Gebrauchsgegenständen und Wiederverwertung ihrer Bauteile und Werkstoffe

In der Studie von Jeretin-Kopf, Kosack und Wiesmüller (S. 250 - 284 in diesem Band) mit 293 Kindern im Alter von sechs bis 13 Jahren wurde die Fragestellung untersucht, welchen Einfluss verschiedene technikdidaktische Methoden auf die technikspezifische Denk- und Handlungsweisen und Motivation haben. Untersucht wurden die Methoden

- Fertigen nach Plan
- Technisches Experimentieren
- Freies Konstruieren und Fertigen

TECHNIK – KRÄFTE UND WIRKUNGEN Methodischer Zugang: Technische Gegenstände analysieren
WIE FUNKTIONIERT EIN KATAPULT?

ANALYSE **TECHNISCHES EXPERIMENT**

HERSTELLUNG **ERFINDUNG**

Eine Analyse dient dazu, den Aufbau oder die Funktionsweise eines technischen Objekts, wie etwa eines Katapults, zu verstehen, z. B., um es nachzubauen zu können. Bei einer Analyseaufgabe lernen die Kinder, Funktionen zu beschreiben, konkrete Bauteile zu benennen sowie Vermutungen anzustellen und zu überprüfen. Für eine systematische Analyse sollten Fragen formuliert werden, deren Antworten durch Ausprobieren, Auseinandernehmen, Untersuchen und Beobachten gefunden werden können. Beispielfragen zum Katapult können sein:

- Welche Teile sind fest, welche sind beweglich?
- Was löst die Bewegung aus?
- Welche anderen Bauteile von Katapulten gibt es?

Begleiten Sie die Kinder durch die folgenden Schritte:

1. Vermutungen äußern
2. Ausprobieren und beobachten
3. Vergleich von Varianten
4. Schlussfolgerung

1. VERMUTUNGEN ÄUSSERN

Die Kinder betrachten die vorbereiteten Katapulte und äußern ihre Ideen, wie man sie benutzt und wie sie funktionieren.

Fragen Sie die Kinder nach ihren Vermutungen:

- Was genau muss man wohl tun?
- Was wird passieren?
- Welche Aufgaben haben die jeweiligen Einzelteile? Sollen sie etwas halten, stoppen oder zurückfedern lassen? Wozu genau dienen sie alle?

2. AUSPROBIEREN UND BEOBACHTEN

Die Mädchen und Jungen probieren die Katapulte aus und beobachten, was passiert. Fragen Sie die Kinder, ob ihre Beobachtungen mit ihren vorherigen Vermutungen übereinstimmen oder ob vielleicht etwas Unerwartetes geschehen ist.

Lassen Sie die Mädchen und Jungen beschreiben, z. B.:

Aus welchen Teilen besteht das Katapult, welche Teile sind beweglich und welche unbeweglich?

Materialien:

- Einfache Katapulte in verschiedenen Ausführungen (s. Hinweis zum Bau der Katapulte auf der Zusatzkarte „Bauanleitung – einfaches Katapult“)

Mehr Informationen über die Analyse finden Sie in der zugehörigen Broschüre „Technik – Kräfte nutzen und Wirkungen erklären“.

3. VERGLEICH VON VARIANTEN

Im nächsten Schritt untersuchen die Kinder die Katapulte genauer und vergleichen die unterschiedlichen Ausführungen miteinander. Die Mädchen und Jungen können die Katapulte dazu auch auseinanderbauen und wieder zusammensetzen.

Welche Antworten finden die Kinder z. B. auf folgende Fragen:

- Aus welchen Einzelteilen bestehen die Katapulte?
- Wie sind die Einzelteile miteinander verbunden?
- Finden wir ähnliche Lösungen auch bei anderen Geräten wieder?
- Könnte ein Teil auch weggelassen werden?
- Wie unterscheiden sich z. B. die Hebel der verschiedenen Katapulte?
- Welche Ausführung finden die Mädchen und Jungen am praktischsten/schönsten/besten?

4. SCHLUSSFOLGERUNG

Gestalten Sie gemeinsam mit den Kindern eine Zusammenfassung, z. B. in Form eines Posters mit dem Titel „Wie funktioniert ein Katapult?“.

Folgende Elemente könnte das Poster enthalten:

- Einzelteile: Aus diesen Teilen besteht das Katapult.
- Benutzung: So bedient man es./Das passiert.
- Wirkung: Diese Aufgaben haben die Einzelteile.
- Tipps: Darauf sollte man achten.
- Bewertung (Beispiele):
Das finde ich gut:
„Wenn man das Katapult mit einer Hand halten und starten kann.“ – „Wenn es einen Behälter für die Kugel gibt.“
Das finde ich nicht gut:
„Das Katapult mit dem Lineal finde ich zu wackelig.“ – „Den Löffel als Hebel mag ich nicht, weil die Kugel immer herausfällt.“

Abbildung 20. Vorder- und Rückseite der Methodenkarte „Technik – Kräfte und Wirkungen: Wie funktioniert ein Katapult?“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015c)

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die Bedeutsamkeit aller drei technikdidaktischer Methoden. Alle Methoden erwiesen sich für die Primarstufe als geeignet für die Förderung der motivationalen und emotionalen Aspekte im Umgang mit technischen Sachverhalten. Da die verschiedenen Methoden zudem jeweils unterschiedliche technische Denk- und Handlungsweisen bei den Kindern ansprechen, empfehlen die Autoren pädagogischen Fach- und Lehrkräften, keine der Methoden zu präferieren, sondern vielmehr auf einen ausgewogenen Einsatz aller drei Methoden zu achten. Für die Technikangebote in der Stiftung folgt daraus, dass die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte jede dieser Methoden und ihre Vorteile kennenlernen und diese entsprechend im Fortbildungsangebot abgebildet werden sollten. Dieser Empfehlung folgt die Stiftung. Hierfür werden Methodenkarten (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015c; siehe Abbildung 20) entwickelt, die jeweils eine technikdidaktische Methode aufgreifen und die Aneignung dieser Methode durch die pädagogische Fachkraft erleichtern soll (siehe Tabelle 48).

Geplante Themenmodule der Stiftung	Technikdidaktische Methode
Kräfte und Wirkungen	Analyseaufgabe Technisches Experiment, Herstellungs- und Fertigungsaufgabe Erfinden
Fortbewegung und Transport	Konstruktionsaufgabe
Bauen und gebaute Umwelt	Werkaufgabe (Betriebs-)Erkundung
Große Systeme	Lehrgang technikhistorische Studie Projekt Recyclingsaufgabe

Tabelle 48: Übersicht über das geplante Methodenrepertoire der Stiftung im Bereich technische Bildung⁶¹

In der Themenbroschüre zu „Kräfte und Wirkungen“ werden vier technikdidaktischen Methoden näher beschrieben und ihre Anwendung erläutert (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015b). Bei diesen technikdidaktischen Methoden handelt es sich um die Analyseaufgabe, das technische Experiment, die Herstellungs- und Fertigungsaufgabe und das Erfinden. Jede dieser Methoden nähert sich einem technischen Problem und seinen möglichen Lösungen auf andere Weise und ist mit typischen Fragestellungen verknüpft.

⁶¹ Die Auswahl der technikdidaktischen Methoden wurde bisher nur für das Modul „Kräfte und Wirkungen“ vorgenommen.

Bei einer Analyseaufgabe lernen die Kinder, Funktionen und Wirkungsweisen nachzuvollziehen und zu beschreiben sowie einzelne Bauteile zu identifizieren und zu benennen. Zudem üben sie sich darin, Vermutungen über die Aufgaben und das Zusammenspiel dieser Bauteile anzustellen und zu überprüfen.

Bei einem technischen Experiment üben sich die Kinder darin, Fragen zu präzisieren, ganz genau zu beobachten, ihre Beobachtungen auszuwerten und darauf begründete Entscheidungen für ihre technischen Vorhaben zu treffen.

Wollen die Mädchen und Jungen eigene Produkte herstellen, liegen die Herausforderungen der Herstellungsaufgabe vor allem in der Planung und Durchführung des Produktionsprozesses. Die Kinder sollten sich vor Beginn im Klaren darüber sein, welche Teilschritte nötig sind und ob dabei eine bestimmte Reihenfolge eingehalten werden muss.

Wenn es für ein bestimmtes Problem noch keine technische Lösung gibt, dann erfordert das eine Erfindung. Um eine völlig neue Erfindung zu entwickeln oder bereits bestehende Lösungen für andere Zwecke zu variieren, bietet sich eine so genannte Konstruktionsaufgabe an. Bei einer Konstruktionsaufgabe wird vor allem die Kreativität und das technische Schöpfervermögen der Kinder gefördert sowie das Anwenden von Wissen und Erfahrungen in neuen Situationen.

Darüber hinaus wird es in den Folgejahren Praxisideen in Form eines Lehrgangs, einer Erkundung oder weiterer technikdidaktischer Methoden geben. Dies betrifft neben den Karten-Sets sämtliche pädagogische Formate, die Praxisideen enthalten, z. B. die Themenbroschüren und Fortbildungen. In der Broschüre zum Thema „Kräfte und Wirkungen“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015b) und den begleitenden Karten-Sets (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015c, 2015d, 2015e) sind Beispiele dargestellt, wie die Kinder eigene Produkte planen, entwickeln und konstruieren, schrittweise optimieren und vielleicht sogar in Serie fertigen können. In weiteren Anregungen geht es darum, bestehende technische Lösungen systematisch zu untersuchen und herauszufinden, wie man sie bedient und verwendet. Darüber hinaus üben sich die Kinder darin, technische Sachverhalte zu beschreiben und zu beurteilen sowie zwischen verschiedenen Lösungen eine begründete Entscheidung zu treffen.

Zur Professionalisierung der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte wurde von Graube und Mammes (S. 290 - 303 in diesem Band) ein didaktisches Konzept entwickelt, das durch didaktische Grundprinzipien und Leitlinien das professionelle Handeln unter-

stützt. Dabei stehen Problemlöseprozesse in Anlehnung an pragmatisch-konstruktivistische Lernsettings immer im Zentrum und verknüpfen die Leitlinien des Forschens und Entwickelns. Dieses didaktische Konzept wird in der (Weiter-)Entwicklung des Themenbereichs zur technischen Bildung aufgegriffen und lässt sich perspektivisch in den Stiftungsangeboten wiederfinden.

Für die Auswahl der Materialien zur Umsetzung früher technischer Bildung können die Ergebnisse der Studie von Jeretin-Kopf et al. zu technikdidaktischen Medien (S. 158 - 248 in diesem Band) herangezogen werden: Kinder, die mit Baumarktmaterialien arbeiteten, zeigten die größte Ausprägung an Problemlösefähigkeit während der Bauphase auf. In Bezug auf alle untersuchten Variablen (Wirkmechanismus, Objekt, Befestigung, Material, Bearbeitung) weckte das Baumaterial insgesamt das größte Interesse bei Kindern.

Es zeigt sich in beiden Studien, dass für eine erfolgreiche Auseinandersetzung mit technischen Aufgabestellungen in der Grundschule die Gestaltung der Lernumgebung wichtiger zu sein scheint als die Differenzen in den Lernvoraussetzungen. Eine Lernumgebung, die den Kindern eine Vielfalt an Möglichkeiten eröffnet, die zur Bewältigung der Aufgabe beitragen können, trägt sowohl zur Motivation als auch zur Förderung der Problemlösefähigkeit bei. Will man in der frühen technischen Bildung Lernprozesse erfolgreich gestalten, dann ist es empfehlenswert, nicht nach problemfreien Situationen zu suchen, sondern Situationen so zu gestalten, dass sich daraus Probleme ergeben können, die von den Kindern möglichst selbstständig und/oder in Kooperation gelöst werden können. Hierbei wirken sich Materialsysteme, die möglichst wenig vordefinierte Lösungen vorsehen (wie UMT und Baumarktmaterialien), besonders positiv auf Problemlösekompetenzen, Aspekte des kreativen Verhaltens (Ausdauer und Zielstrebigkeit) sowie die Motivation (Herausforderung und Interesse) der Kinder aus. Materialsysteme, welche ein hohes Maß an Selbständigkeit und leichte Bedienbarkeit gewährleisten, sind für die Lernbegleitung im Alltag besonders gut umsetzbar.

Für die Themenentwicklung der Stiftung im Bereich „Technik“ heißt das, dass die Lernumgebung so gestaltet werden sollte, dass sie den Kindern eine Vielfalt an technischen Möglichkeiten eröffnet. Situationen sollten so gestaltet werden, dass sich daraus Probleme ergeben können, anstelle von problemfreien Situationen, die keine kreative Problemlösung zulassen. Baumarktmaterialien eignen sich besonders gut, um mit den Kindern „frei zu konstruieren“ und ihre technische Kreativität zu fördern. Da die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ grundsätzlich alle Angebote so aufbereitet, dass sie mit einfachen Materialien aus dem Alltag und ohne großen Aufwand prak-

tisch umsetzbar sind, wird auch im Bereich „Technik“ Wert darauf gelegt, mit Alltagsgegenständen und Baumarktmaterialien zu arbeiten und den Umgang mit Werkzeugen zu erlernen. Da der Einsatz von Baumarktmaterialien und technischen Alltagsgeräten sachkundige Fach- und Lehrkräfte voraussetzt, wird der Umgang mit den Materialien in den Fortbildungen der Stiftung geübt. Der Werkzeugführerschein sorgt u.a. dafür dass die Sicherheitsanforderungen, die im Gebrauch mit den Materialien und Geräten zu beachten sind, gewährleistet werden können.

1.5 Einstellungen und Rollenverständnis

Auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte definieren Kosack et al. eine weitere bedeutsame Zieldimension, die in der Auseinandersetzung mit Technik von großer Wichtigkeit ist. Vor allem die technikbezogenen Einstellungen und Überzeugungen einer pädagogischen Fach- und Lehrkraft tragen dazu bei, die technische Bildung zu fördern. Es geht vor allem darum, die Bedeutung technischer Bildung in Kita, Hort und Grundschule zu vergegenwärtigen und ein professionelles Rollenverständnis zu entwickeln. Hierzu gehören die Fähigkeit zur Selbstreflexion, zur Kooperation, zur stetigen Weiterentwicklung der eigenen Professionalität sowie eine hohe Fortbildungsbereitschaft seitens der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte.

Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die Entwicklung der eigenen Professionalität ist ein lebenslanger Prozess, der von der Bereitschaft zur Weiterbildung und zur Aktualisierung des eigenen fachlichen Wissens und Könnens lebt. Die kontinuierlich angelegten Fortbildungen der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ unterstützen pädagogische Fach- und Lehrkräfte in diesem Prozess und tragen dazu bei, das Selbstvertrauen in das eigene Wissen und Können und die Professionalität im eigenen Tun und Handeln zu fördern. Die selbstwahrgenommene Kompetenz der teilnehmenden pädagogischen Fach- und Lehrkräfte zum Forschen mit den Kindern ist insgesamt hoch; sie nimmt mit der Teilnahmedauer an der Bildungsinitiative und damit einhergehenden Fortbildungsbesuchen zu (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013b).

1.6 Selbstwirksamkeitserfahrung und Selbstvertrauen als Lernbegleitung

Laut Kosack et al. ist das übergeordnete Ziel technischer Bildung sowohl auf Ebene der Kinder als auch auf Ebene der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte, das Selbstwirksamkeitsempfinden und Selbstvertrauen dieser zu stärken. In der Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten, Artefakten und Problemen erleben sich Kinder und Erwachsene idealerweise immer sicherer. Sei es beim Erkunden, beim technischen Experiment oder beim Konstruieren.

Sie erleben sich als kompetent und spüren in der Auseinandersetzung mit Technik „Ich kann das!“.



Umsetzung dieser Zieldimension in den Angeboten der Stiftung

Die Stärkung des eigenen Kompetenzerfindens und Selbstbewusstseins der Kinder und der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte ist das zentrale Ziel der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015a). In Anlehnung an die bisherigen Stiftungsangebote im Bereich naturwissenschaftlicher Bildung setzt die Stiftung auch bei der inhaltlichen (Weiter-)Entwicklung im Themenbereich technische Bildung den Fokus auf kontinuierliche Fortbildungen für die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte und das gemeinsame Forschen mit den Kindern. „Mit dem Zugewinn an Wissen zu grundlegenden inhaltlichen Zusammenhängen sowie wissenschaftlichem Vorgehen und der Erweiterung der pädagogischen Handlungsstrategien steigt die Selbstwirksamkeitserwartung hinsichtlich der Gestaltung naturwissenschaftlicher [wie auch mathematischer und technischer] Lernprozesse. Die Fach- und Lehrkräfte erleben sich selbst als kompetent. Hierdurch kann auch das Zutrauen in die eigenen Fähigkeiten allgemein gestärkt werden“ (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2015a, S. 25).

Wichtiges Ziel der technischen Bildung und der Stärkung des Kompetenzerfindens in diesem Themenbereich ist es, zu erkennen, welchen individuellen Vorteil Kinder und Erwachsene vom eigenen Lernzuwachs haben, von einem „Mehr“ an Wissen über Technik, um damit Technik und Technikwissen als „persönlich wichtig“ erfahren und selbst einschätzen zu können, in welcher Art sie Technik im Alltag mitgestalten können. Die

Anregungen und methodischen Hinweise in den Themenbroschüren, zum Beispiel zum Thema „Kräfte und Wirkungen“, sollen daher auch auf dieser Ebene Lernprozesse unterstützen und die Selbstwirksamkeit und das Selbstvertrauen stärken. Angestrebt wird, dass die Mädchen und Jungen realistisch beurteilen können, welche technischen Herausforderungen sie selbst bereits erfolgreich meistern können. Unter den Arbeitsweisen, Materialien und Werkzeugen, die sie kennen und die ihnen zur Verfügung stehen, sollen sie eine sinnvolle Auswahl treffen können, um ihr (technisches) Handlungsziel zu erreichen.

2. Ausblick

Während der bisherige inhaltliche Fokus der Stiftung vor allem auf Angeboten zum Themenbereich naturwissenschaftlicher Bildung lag, sollen perspektivisch neben der technischen Bildung neben der technischen Bildung auch die Themenbereiche mathematische und informatische Bildung vielfältig im Stiftungsangebot vertreten sein. Für den Themenbereich mathematischer Bildung befinden sich die inhaltlichen Angebote daher in der (Weiter-)Entwicklung. Sie basieren auf der Expertise „Zieldimensionen mathematischer Bildung im Elementar- und Primarbereich“ (Benz, Grüßing, Lorenz, Selter, & Wollring, in Vorbereitung). Um den Bereich der informatischen Bildung künftig in den Stiftungsangeboten einzubetten, erarbeitet in 2015/16 eine Expertengruppe Vorschläge zu „Zieldimensionen früher informatischer Bildung“ (Borowski, Köster, Magenheimer, Romeike, Schulte & Schroeder, in Vorbereitung; mehr Informationen unter www.haus-der-kleinen-forscher.de).

Begleitend zur inhaltlichen (Weiter-) Entwicklung der Stiftungsangebote im Sinne einer entwicklungsgerechten technischen Bildung für Kinder und einer entsprechenden Qualifizierung von pädagogischen Fach- und Lehrkräften, wird die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) auch künftig den fachlichen Austausch mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis pflegen und sich gemeinsam für bessere Bildungschancen einsetzen. So sind an der inhaltlichen Entwicklung z.B. Martin Binder (PH Weingarten) und Christian Wiesmüller (PH Karlsruhe) beratend beteiligt. Ferner berät der Wissenschaftliche Beirat die Stiftung zur fachlichen Fundierung und deren Umsetzung im Stiftungsangebot. Zudem dienen die Ergebnisse des kontinuierlichen Qualitätsmonitorings zu den Technikformaten als Input für Verbesserungsprozesse.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Technikangebot der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ dazu beitragen soll, folgende Erkenntnisse sowohl bei den pädagogischen Fach- und Lehrkräften als auch bei den Kindern zu fördern und damit einen Beitrag zur technischen Bildung und zu technischer Mündigkeit zu leisten:

gogischen Fach- und Lehrkräften als auch bei den Kindern zu fördern und damit einen Beitrag zur technischen Bildung und zu technischer Mündigkeit zu leisten:

- Die Erkenntnis, dass Technik allgegenwärtig ist (z.B. Geräte in der Küche, Fahrrad, im Büro, Landschaftsgestaltung usw.)
- Die Erkenntnis, dass technische Dinge stets absichtsvoll und zu einem bestimmten Zweck erschaffen wurden (zur Sicherung von Grundbedürfnissen wie Essen, Behausung oder Wärme, um uns körperliche Arbeit abzunehmen, zum Komfort, zur Kommunikation, zum Vergnügen usw.)
- Das Wissen um naturale Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge in der Natur und die Fähigkeit, dieses „Naturwissen“ anwenden zu können, um technische Probleme zu lösen oder für technische Entwicklungen zu nutzen
- Das Wissen um grundlegende Wirkmechanismen, z. B. um technische Objekte sachgerecht verwenden zu können, aber auch um Dinge reparieren zu können oder beim Kauf vergleichen und bewerten zu können
- Die Erkenntnis, dass Technik von der Gesellschaft geformt wird und selbst im Gegenzug die Gesellschaft formt
- Die Erkenntnis, dass das eigene Wissen über Technik und technische Mündigkeit Voraussetzung für eine aktive, gleichberechtigte Teilhabe an dieser technisierten Gesellschaft ist.

Technische Bildung sollte einen festen Platz im Alltag von Bildungseinrichtungen haben, um so dazu beizutragen, Kinder auf eine sich ständig wandelnde technisierte Welt vorzubereiten. Hauptziel aller Angebote im Bereich technischer Bildung ist das Erlangen einer technischen Mündigkeit (*Technological Literacy*), also der Fähigkeit, Technik zu nutzen, mit ihr umzugehen, sie zu bewerten und zu verstehen. Die Stiftung möchte mit ihrem Angebot Mädchen und Jungen auf ihrem Weg zu technisch mündigen Bürgern begleiten.



Literatur

Literatur

Einleitung –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

Anders, Y. & Ballaschk, I. (2014). Studie zur Untersuchung der Reliabilität und Validität des Zertifizierungsverfahrens der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 6, S. 35-116). Schaffhausen: Schubi Lemmedien AG.

Bienhaus, W. & Wiesmüller, C. (Hrsg.). (2014). *Technische Bildung von Anfang an*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V.

Fthenakis, W. E., Wendell, A., Daut, M., Eitel, A. & Schmitt, A. (2009). *Natur-Wissen schaffen. Band 4: Frühe technische Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag EINS.

Renn, O., Duddeck, H., Menzel, R., Holtfrerich, C.-L., Lucas, K., Fischer, W., ... Pfenning, U. (2012). *Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis einer europäischen Vergleichsstudie*. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012a). *Technik – Bauen und Konstruieren. Hintergründe und Praxisideen für die Umsetzung in Hort und Grundschule*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012b). *Entdeckungskarten für Kinder: Technik – Bauen und Konstruieren*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013a). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ – Anregungen für die Lernbegleitung in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik* (4. Auflage). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.). (2013b). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013c). *Wir lassen die Neugier in Kindern aufblühen. So wird Ihre Einrichtung ein „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2014b). *Monitoring-Bericht 2014 der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015e). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Anregungen für die Lernbegleitung in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik* (5. Auflage). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2012). *Positionspapier: Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich –

W. Kosack, M. Jeretin-Kopf & C. Wiesmüller

Aebli, H. (2001). *Denken: das Ordnen des Tuns. Band 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie* (3. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.

Ammon, S. (2005). Welterzeugung als kreativer Prozess – Überlegungen zu Nelson Goodmans konstruktivistischer Theorie des Verstehens. In G. Abel (Hrsg.), *Kreativität. XX. Deutscher Kongress für Philosophie* (S. 287-294). Berlin: Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin.

Amthauer, R. (1972). PTV. *Ein Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses*. Göttingen: Hogrefe.

Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S. & Steffensky, M. (2013a). Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5 (S. 19-82). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

Anders, Y., Hardy, I., Sodian, B. & Steffensky, M. (2013b). Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Grundschulalter und ihre Messung. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 5 (S. 83-146). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

Arbeitsgruppe Deutsche Child Behaviour Checklist (1998). *Elternfragebogen über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen CBCL/ 4-18. Einführung und Anleitung zur Handauswertung der deutschen Normen*, bearbeitet von M. Döpfner, J. Plück, S. Bölte, K. Lenz, P. Melchers & K. Heim (2. Aufl.). Köln: Arbeitsgruppe Kinder-, Jugend- und Familiendiagnostik (KJFD).

Bame, E. A. & Dugger, W. E. (1989). *Pupil's attitude towards technology PATT-USA. The first findings*. Zugriff am 14.8.2013, <http://www.iteea.org/Conference/PATT/PATTSI/PATT%20USA.pdf>

Baumert, J., Evans, H. R. & Geiser, H. (1998). Technical problem solving among 10-year-old students as related to science achievement, out-of-school experience, domain-specific control beliefs, and attribution patterns. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 987-1013.

Beinbrech, C. (2003). *Problemlösen im Sachunterricht der Grundschule*. Universität Münster (Westfalen). Zugriff am 20.02.20012, <http://miami.uni-muenster.de/Record/856ce5aac883-4ab4-905e-9c4a2a146705>

Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2 (2), 139-155.

Benner, D. & J. Oelkers, J. (Hrsg.). (2004). *Historisches Wörterbuch der Pädagogik*. Weinheim: Beltz.

Betzold, A. (2010). *Mathematisches Argumentieren in der Grundschule fördern*. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel.

Bienhaus, W. (2008). *Technikdidaktik – der mehrperspektivische Ansatz*. Internetpräsenz DGTB. Zugriff am 22.02.2013, http://www.dgtb.de/fileadmin/user_upload/Materialien/Didaktik/mpTU_Homepage.pdf

Biester, W. (1981). *Sachunterricht – Ideen, Modelle, Methoden, Material für die Unterrichtspraxis*. Freiburg: Herder.

Birk, U. S. (2012). *Technikunterricht in Europa – ein Vergleich ausgewählter europäischer Staaten*. Unveröffentlichte Examensarbeit, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.

Blaseio, B. (2004). *Entwicklungstendenzen der Inhalte des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Bleher, W. (2001). *Das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehrern des Faches Technik*. Hamburg: Kovac.

Bruner, J. S. (1974). The growth of representational processes in childhood. In J. S. Bruner (Ed.), *Beyond the information given. Studies in the psychology of knowing* (S. 313-324). London: Allen & Unwin.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63 (1), 1-49.

Csikszentmihalyi, M. (2007). *Kreativität. Wie Sie das Unmögliche schaffen und Ihre Grenzen überwinden* (7. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.

Curwood, E. (1996). *Year One Primary Student Teachers' Perceptions of and Attitudes to Technology, and Their Understandings of the Technology Curriculum: A base to build from?* Paper presented at the New Zealand Council for Teacher Education Conference, Christchurch, MA.

de Bono, E. (1985). The CoRT Thinking Program. In J.W. Segal, S.F. Chipman & R. Glaser (Eds), *Thinking and Learning Skills* (Vol. 1, S. 363-386). Hillsdale, NY: Erlbaum.

de Klerk Wolters, F. (1989). A PATT Study Among 10 to 12-Year-Old Students in the Netherlands. *Journal of Technology Education* 1 (1). Zugriff am 12.02.2012. <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v1n1/falco.jte-v1n1.html#Smail&Kelly>

deLuca, V. W. (1992). Survey of technology education problem-solving activities. *The Technology Teacher*, 51(5), 26-30.

Department for Education (Ed.) (1999). *Design and Technology. The National Curriculum for England*. Update vom 20. November 2011. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/primary/boo198853/dt/ks1>

Dessauer, F. (1956). *Streit um die Technik*. Frankfurt am Main: Knecht.

Drieschner, M. (1974). Objekte der Naturwissenschaft. *Neue Hefte für Philosophie*, 6/7, 104-128.

Eggert, D., Ratschinski, G. & Reichenbach, C. (2008). *Diagnostisches Inventar motorischer Basiskompetenzen bei lern- und entwicklungsauffälligen Kindern im Grundschulalter*. Dortmund: Borgmann.

- Endepohls-Ulpe, M., Erbach, J. & von Zabern, J. (2008, November): *Technology Education in German Primary Schools – Possibilities and Barriers*. Paper presented at the International Conference on the efficiency and equity of education, Rennes.
- Eggleston, J. (1992). *Teaching Design and Technology*. Buckingham: Open University Press.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos.
- Fetzer, M. (2011). *Wie argumentieren Grundschul Kinder im Mathematikunterricht? Eine argumentationstheoretische Perspektive*. *Journal für Mathematikdidaktik*, 32 (1), 27-51.
- Fink, A. (2011). Kreativität und Intelligenz als Schlüsselkonzepte der Begabung. In M. Dresler (Hrsg.), *Kognitive Leistungen. Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften* (S. 23-38). Heidelberg: Spektrum.
- Finish National Board of Education (FNBE). (2004). *National Core Curriculum for Education 2004, Part IV, Chapter 7.17*. Zugriff am 30.11.2012, http://www.opi.fi/download/47673_core_curricula_basic_education_4.pdf
- Friedl, A. E. (1997). *Teaching Science to Children. An Inquiry Approach* (4. Aufl.). New York: McGraw-Hill.
- Friedrich, K. (2000). „Erfinden was noch niemals war!“. Kreativitätsmethoden - Ausgewählte Ergebnisse und Sichten. In G. Banse & K. Friedrich (Hrsg.), *Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee-Entwurf-Gestaltung* (S. 289-305). Berlin: Sigma.
- Fthenakis, W. E., Wendell, A., Daut, M., Eitel, A. & Schmitt, A. (2009). *Natur-Wissen schaffen. Band 4: Frühe technische Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag EINS. Verfügbar unter: <http://www.natur-wissen-schaffen.de/publikationen/index.php>
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e. V. (Hrsg.). (2006). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gentner, D. (2003). Why we're so smart. In D. Gentner & S. Goldin-Meadow (Eds.), *Language in Mind. Advances in the study of language and thought* (S. 195-235). Cambridge, MA: MIT Press.
- Goodman R. (1997). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581-586.
- Guilford, J. P. & Hoepfner, R. (1976). *Analyse der Intelligenz*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Heckhausen, H. (1980). *Motivation und Handeln* (1. Aufl.). Berlin: Springer.
- Heller, K. (2000). Einführung in den Gegenstandsbereich der Begabungsdiagnostik. In K. Heller (Hrsg.), *Begabungsdiagnostik in der Schul- und Erziehungsberatung* (2. Aufl., S. 13-40). Bern: Hans Huber.
- Heller, K. (2008). *Von der Aktivierung der Begabungsreserven zur Hochbegabtenförderung. Forschungsergebnisse aus vier Dekaden*. Berlin: LIT-Verlag.
- Heller, K. & Geisler, H.-J. (1983). KFT 1-3. *Kognitiver Fähigkeitstest für 1. bis 3. Klassen. Grundschulform*. Weinheim: Beltz Test.
- Hennessy, S., MacCormic, R. & Murphy, P. (1993). The myth of general problem_solving capability: design and technology as an example. *Curriculum Journal*, 4 (1), 73-89.
- Hunter-Grundin, E. (1985). *Teaching Thinking: An Evaluation of Edward De Bono's Classroom Materials*. London: Schools Council Publications.

- Hurrelmann, K. (2006). *Lebenssituation und Wertorientierung der jungen Generation. Ergebnisse der 15. Shell Jugendstudie*. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag4/downloads/shell15.pdf>
- International Technology and Engineering Education Association (Ed.). (2005). *Measuring Progress: A Guide to Assessing Students for Technological Literacy. Addenda to Technological Literacy Standards Series*. Advancing Technological Literacy: ITEA Professional Series. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED489821.pdf>
- International Technology and Engineering Education Association (Ed.). (2007). *Standards for Technological Literacy: Content for the study of Technology*. Virginia (US), Third Edition. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.iteea.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>
- Jäger, A., Süß, H.-M. & Beauducel, A. (1997). *Berliner Intelligenzstruktur – Test*. Göttingen: Hogrefe.
- Jarvis, T. & Rennie, J. L. (1998). *Factors that Influence Children's Developing Perceptions of Technology*. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 261-279.
- Jansen, L. (2005). Aristoteles und das Problem des Neuen: Wie kreativ sind Veränderungsprinzipien. In G. Abel (Hrsg.), *Kreativität. XX. Deutscher Kongress für Philosophie* (S. 15-25). Berlin: Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin.
- Jeretin-Kopf, M. (2011). *Die Bedeutung der Sprache für die Konstruktion naturwissenschaftlicher Kognitionsmuster*. Berlin: Mensch und Buch.
- Jeretin-Kopf, M. & Kosack, W. (2012). Technische Kreativität. In S. Liebig (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen. Ein Unterrichtsprinzip* (S. 109-123). Hohengehren: Schneider-Verlag.
- Jeretin-Kopf, M. & Kosack, W. (2012). *Konstruktion einer Gummibärchenwurfmaschine*. Unveröffentlichtes Manuskript, Pädagogische Hochschule Karlsruhe
- Johnsey, R. (1995). The Design Process – Does it exist? A Critical Review of Published Models for the Design Process in England and Wales. *International Journal of Technology and Design Education*, 5 (3), 199-217.
- Jones, A. & Carr, M. (1992). Teachers' Perceptions of Technology Education: Implications for Curriculum Innovation. *Research in Science Education*, 22, 230-239.
- Kahlert, J. (2005). *Der Sachunterricht und seine Didaktik* (2. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kaul, W. (1975). *Kreativität im Technischen Werkunterricht. Untersuchungen zum kreativ-konstruktiven Denken und Verhalten*. Berlin: Rembrandt.
- Kistler, E. (2005). Die Technikfeindlichkeitsdebatte – Zum politischen Missbrauch von Umfrageergebnissen. *Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis*, 14 (3), 13-19. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.itas.fzk.de/tatup/053/kisto5a.htm>
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Dissertation. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Zugriff am 20.02.2013, <http://miami.uni-muenster.de/Record/642aa4ce-7149-4cdb-a938-c37f3c64cbe2>
- Kleickmann, T., Pollmeier, J., Hardy, I. & Möller, K. (2011). Zur Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43 (4), 200-212.

- Kosack, W. (1994). *Mädchen und Technikunterricht*. Frankfurt am Main: Lang.
- Kosack, W. (2010). *Konstruktion von Wasserrädern*. Unveröffentlichtes Manuskript, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Krampen, G., Freilinger, J. & Willems, L. (1996). *KVS-P Kreativitätstest für Vorschul- und Schulkinder*. Göttingen: Hogrefe.
- Kronfeldner, M. M. (2005). Zum Begriff der psychologischen Kreativität als Basis einer naturalistischen Kreativitätstheorie: eine kompatibilistische Rekonstruktion von Originalität und Spontaneität. In G. Abel (Hrsg.), *Kreativität. XX. Deutscher Kongress für Philosophie* (S. 19-30). Berlin: Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin.
- Kubinger, K. D. (2009). *Adaptives Intelligenz Diagnostikum - Version 2.2 (AID 2) samt AID 2-Türkisch*. Göttingen: Beltz.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primarbereich. Zugriff am 09.09.2012. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Deutsch-Primar.pdf
- Kultusministerkonferenz (2004). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich 2004. Zugriff am 09.09.2012, http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf
- Kunter, M., Frenzel, A., Nagy, G., Baumert, J. & Pekrun, R. (2011a). Teacher Enthusiasm: Dimensionality and Context Specificity. *Contemporary Educational Psychology*, 36 (4), 289-301.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011b). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2011). *Unterschiede im fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Primar- und Sekundarstufenlehrkräften*. Zugriff am 20.02.2012, http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_des_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/unterschiede_im_fachspezifisch-p_dagogischen_wissen.pdf
- Lange, K., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 55-74.
- Liebig, S. (Hrsg.). (2012). *Entdeckendes Lernen*. Hohengehren: Schneider-Verlag.
- Lienert, G. A. (1958, 1964). *Mechanisch-Technischer-Verständnistest*. MVT. Göttingen: Hogrefe.
- Mammes, I. (2001). *Förderung des Interesses an Technik durch technischen Sachunterricht*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Mammes, I. (2006). Lehrerperspektiven auf das Unterrichten Naturwissenschaftlicher Grundbildung. Zur schriftlichen Erhebung von Überzeugungen, persönlichen Bilanzen und dem Kennen von Unterrichtsmethoden sowie ihre Beziehung zum unterrichtlichen Handeln. In J. Seifried & J. Abel (Hrsg.), *Empirische Lehrerbildungsforschung. Stand und Perspektiven* (S. 129-141). Münster: Waxmann.
- Mammes, I. (2008). *Denkmuster von Lehrkräften als Herausforderung für Unterrichtsentwicklung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Mammes, I., Schaper, N. & Strobel, J. (2012). Professionalism and the role of teacher beliefs in technology teaching in German primary schools – An area of conflict. In J. König (Ed.), *Teachers' Pedagogical Beliefs: Definition and Operationalisation – Connections to Knowledge and Performance – Development and Change* (S. 91-105). Münster: Waxmann.
- Mandl, H. (1997). Wissen und Handeln: Eine theoretische Standortbestimmung. In H. Mandl. (Hrsg.), *Bericht über den 40. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in München 1996. Schwerpunktthema Wissen und Handeln* (S. 3-13). Göttingen: Hogrefe.
- Mawson, B. (2010). Children's developing understanding of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 20 (1), 1-13.
- Mayo, S (1993). ‚Myth in Design‘. *International Journal of Design Education*, 3 (1), 41-52.
- McRobbie, C. J., Ginns, I. S. & Stein, S. J. (2000). Preservice primary teachers' thinking about technology and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10, 81-101.
- Möller, K. (1991a). Umstrukturierungen im Lernprozess – Kinder bauen eine Stampfe. In W. Lauterbach, K. Köhnlein, K. Spreckelsen & H. F. Bauer (Hrsg.), *Wie Kinder erkennen. Schriftenreihe „Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts“* (Bd. 1, S. 123-136). Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel.
- Möller, K. (1991b). *Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule*. Essen: Westarp.
- Möller, K. (1998). Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Kind und Sache. Zur pädagogischen Grundlegung des Sachunterrichts* (4. Aufl., S. 225–242). Weinheim: Juventa.
- Möller, K. (2002). Technisches Lernen in der Grundschule. *Grundschule*, 34 (2), 51–54.
- Möller, K., Tenberge, C. & Ziemann, U. (1996). *Technische Bildung im Sachunterricht. Eine quantitative Studie zur Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen*. Bericht des Instituts für Forschung und Lehre für die Primarstufe [Broschüre]. Universität Münster.
- Möller, K., Tenberge, C. & Ziemann, U. (1997). *Barrieren überwinden. Evaluation eines Pilotprojekts im Rahmen der Lehrerfortbildung zur technischen Bildung im Sachunterricht*. Bericht des Instituts für Forschung und Lehre für die Primarstufe [Broschüre]. Universität Münster.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2012). Engineering Design Process. Zugriff am 20.02.2012, http://www.nasa.gov/audience/foreducators/plantgrowth/reference/Eng_Design_5-12_prt.htm
- Norwegian Directorate for Education and Training (Ed.). (2006). *Arts and Crafts subject curriculum*. Oslo. Zugriff am 20.02.2012, http://www.utdanningsdirektoratet.no/upload/larplaner/Fastsatte_lareplaner_for_Kunnskapsloftet/english/Arts_and_crafts_subject_curriculum.rtf
- Pellinen, T. (2008). *Craft Teaching Emphasizing Technology Education and Its Effect on Girl' Perceptions of Technology*. Master Thesis at the Department of Teacher Education, University of Jyväskylä. Zugriff am 08.09.2012, http://update.jyu.fi/images/e/e9/Deliverable_3.3_UPDATE.doc
- Perleth, C. & Sierwald, W. (2001). Entwicklungs- und Leistungsanalysen zur Hochbegabung. In K. Heller (Hrsg.), *Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter* (2. Aufl., S. 172-357). Göttingen: Hogrefe.

- Plickat, D. (2006). Baukästen in der Grundschule - attraktiv - anschlussfähig - alltagstauglich. *Unterricht - Arbeit + Technik*, 29 (8), 46-49.
- Pringl-Gumpl, S. (2006). *Untersuchung des A/K-Wertes nach Spreckelsen bei Grundschulkindern*. Unveröffentlichte Hausarbeit, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Raabe, H., Schietzel, C. & Vollmers, C. (1972). *Unterrichtsbeispiele zur technischen Bildung in der Grundschule. Ein Erfahrungsbericht*. Turmningen: Westermann, Fischer Werke.
- Raat, J. H., de Klerk, W. F. & de Vries, M. J. (1987). *Report PATT Conference 1987* (Vol. 1. Proceedings). Eindhoven: University of Technology.
- Rappe, G. (2005). Kreation oder Individuation? - Bemerkungen zum Kreativitätsgedanken im interkulturellen Vergleich. In G. Abel (Hrsg.), *Kreativität. XX. Deutscher Kongress für Philosophie*, (S. 603-614). Berlin: Univ.-Verl. der TU.
- Rasinen, A. (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, 15 (1), 31-47.
- Rennie, L. J. (1987). Teachers' and pupils' perceptions of technology and the implications for curriculum. *Research in Science and Technology Education*, 5, 121-134.
- Renni, L. J. & Jarvis, T. (1995). English and Australian children's perception about technology. *Research in Science and Technological Education*, 13 (1), 37-52.
- Rennie, L., Treagust, D. & Kinnear, A. (1992). An evaluation of curriculum materials for teaching technology as a Design Process. *Research in Science and Technological Education*, 10 (2), 203-217.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47 (2), 57-66.
- Rheinberg, F. & Wendland, M. (2002). Veränderungen der Lernmotivation in Mathematik. Eine Komponentenanalyse. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, Beiheft, 308-320.
- Rohpohl, G. (1991). *Technologische Aufklärung*. Frankfurt am Main: DTV.
- Rosch, E. (1999). Reclaiming concepts. In R. Núñez & W. J. Freeman. (Hrsg.): *Reclaiming cognition. The primacy of action, intention and emotion* (S. 61-77). Thorverton: Imprint Academic.
- The Royal Ministry of Education, Research and Church Affairs (Ed.). (2006). *Core Curriculum for Primary, Secondary and Adult Education in Norway*. Zugriff am 22.02.2012, http://www.udir.no/upload/larerplaner/generell_del/Core_Curriculum_English.pdf
- Ruffer, C. & Schwarze, B. (Hrsg.) (2011). *Technikbildung verbessern – von Anfang an. Ausgewählte Forschungsergebnisse des europäischen Projekts UPDATE*. Bielefeld: Kompetenzzentrum Technik, Diversity, Chancengleichheit. Schriftenreihe Bd. 9.
- Sachs, B. (1979a). Allgemeinbildung und Arbeitswelt. Zur Rehabilitierung des Neuhumanismus. *d-atw*, 2, 101-119.
- Sachs, B. (1979b). Skizzen und Anmerkungen zur Didaktik eines mehrperspektivischen Technikunterrichts. In Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen (Hrsg.), *Technik - Ansätze für eine Didaktik des Lernbereichs Technik. Fernstudienlehrgang Arbeitslehre. Studienbrief zum Fachgebiet Technik* (S. 41-80). Tübingen: Beltz.
- Sachs, B. (2001). Technikunterricht: Bedingungen und Perspektiven. *tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 26 (100), 5-12. Zugriff am 24.02.2013. http://www.eduhi.at/dl/Technikbe-griff_Sachs_-_tu_100.pdf

- Sachs, C. (1997). Das technische Experiment – Bemerkungen zu einem Unterrichtsverfahren. In L. Fast & H. Seifert (Hrsg.). *Technische Bildung* (S. 249-262). Weinheim: DSV.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.) (2009). *Lehrplan Grundschule Werken*. Dresden: Saxoprint. Zugriff am 20.02.2012, http://www.bildung.sachsen.de/apps/lehrplandb/downloads/lehrplaene/lp_gs_werken_2009.pdf
- Schaub, H. & Zenke, K. (1995). *Wörterbuch zur Pädagogik*. München: DTV.
- Schiefele, H., Prenzel, M., Krapp, A., Heiland, A. & Kasten, H. (1983). *Zur Konzeption einer pädagogischen Theorie des Interesses*. Gelbe Reihe – Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie Nr. 6. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Universität.
- Schilling, M. (2006). *Eine Untersuchung zum A/K-Wert nach Spreckelsen. Einfluss von Alter, Klassenstufe, Geschlecht und Thematik auf den A/K-Wert*. Unveröffentlichte Hausarbeit, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Schlagenhauf, W. (2008). Bildungsstandards Technik für den mittleren Bildungsabschluss – Darlegungen und Erläuterungen zu den Empfehlungen des VDI. *tu-Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 32 (127), 5-15.
- Schlagenhauf, W. (2009). Inhalte technischer Bildung. Überlegungen zu ihrer Herkunft, Legitimation und Systematik. *tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 31 (133), 5-13.
- Schlagenhauf, W. (2010). Bildungsstandards Technik des Vereins Deutscher Ingenieure. In: Jugendstiftung Baden Württemberg (Hrsg.), *Jugendbegleiter, Schule, Technik*. Zugriff am 20.02.2012, http://issuu.com/jugendnetz/docs/jst_publication
- Schmeinck, D. & Kosack, W. (2003). Außerschulische Werkzeugerfahrungen von Grundschulkindern. *tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 27 (109), 11-14.
- Schmayl, W. (1982). *Das Experiment im Technikunterricht. Methodologische und didaktische Studien zur Grundlegung einer Unterrichtsmethode*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Schmayl, W. (2013). *Didaktik des allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Hohengehren, Baltmannsweiler: Schneider.
- Schmayl, W. & Wilkening, F. (1995). *Technikunterricht* (2. Aufl.). Bad Heilbrunn. Klinkhardt.
- Schuler, H. & Hell, B. (2005). *Analyse des schlussfolgernden und kreativen Denkens (ASK)*. Bern: Huber.
- Schütte, F. & Gonon, P. (2004). Technik und Bildung/technische Bildung. In: D. Benner & J. Oelkers (Hrsg.), *Historisches Wörterbuch der Pädagogik* (S. 998-1115). Weinheim: Beltz.
- Sellwood, P. (1990). The national project: Practical problem solving. *Proceedings of the 3rd National Conference on Design and Technology Education Research and Curriculum Development* (pp 5-13). Loughborough University of Technology.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22. Zugriff am 20.02.2012, <http://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>
- SNAE/Skolverket (Ed.). (2011). *National Curriculum for Technology Education Compulsory School. Year 1-9*. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.liu.se/cetis/english/curriculum.shtml>

- Socrates Projekt (2007). *Early Technical Education*. Zugriff am 22.02.2012, <http://www.early-technicaleducation.org/indexde.html>
- Spreckelsen, K. (2002). Nachdenken über physikalische Probleme. Eine Untersuchung zum A/K-Wert in der Begegnung von Grundschulern mit physikalischen Phänomenen. In K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht* (S. 133–144). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Stein, S., McRobbie, C. J. & Ginns, I. (1998, November). *Insights into Preservice Primary Teachers' Thinking about Technology and Technology Education*. Paper presented at the Annual Conference of the Australian Association for Research in Education. Adelaide, SA. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.aare.edu.au/98pap/mcr98085.htm>
- Stenger, Georg (2005). Kreativität als Grundbegriff interkultureller Verständigung. In G. Abel (Hrsg.), *Kreativität. XX. Deutscher Kongress für Philosophie*, Sektionsbeiträge, 20 (S. 621–683). Berlin: Univ.-Verl. der TU.
- Sumfleth, E. & Wild, E. (2005). *Schulische und familiäre Bedingungen des Lernens und der Lernmotivation im Fach Chemie: Evaluation eines integrierten Interventionskonzeptes zur Säure-Basen-Thematik*. Abschlussbericht des DFG-Projektes. Zugriff am 22.02.2012, http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/essen_bielefeld.html
- The Royal Ministry of Education, Research and Church Affairs (Ed.). (2006). *Core Curriculum for Primary, Secondary and Adult Education in Norway (2006)*. Zugriff am 20.02.2012, http://www.udir.no/upload/larerplaner/generell_del/Core_Curriculum_English.pdf
- Turja, L. & Paas, K. (2011). Frühkindliche Bildung: Sichtweisen von Kindern zu Technik und Technikvermittlung. In C. Ruffer & B. Schwarze (Hrsg.), *Technikbildung verbessern – von Anfang an. Ausgewählte Forschungsergebnisse des europäischen Projekts UPDATE* (S. 13–30). Schriftenreihe Bd. 9. Bielefeld: Kompetenzzentrum Technik, Diversity, Chancengleichheit.
- Ulrich, H. & Klante, D. (1994). *Technik im Unterricht der Grundschule* (6. Aufl.). Villingen-Schwenningen: Neckarverlag.
- Verein Deutscher Ingenieure VDI (Hrsg.) (2007). *Bildungsstandards Technik*. Zugriff am 20.02.2012, <http://www.vdi.de/44791.o.html>
- Virtanen, S., Ikonen, P. & Rasinen, A. (2011). Grundschule/weiterführende Schule: Motivation von Mädchen im Bereich der technischen Bildung. In C. Ruffer & B. Schwarze (Hrsg.), *Technikbildung verbessern – von Anfang an. Ausgewählte Forschungsergebnisse des europäischen Projekts UPDATE* (S. 58–69). Schriftenreihe Bd. 9. Bielefeld: Kompetenzzentrum Technik, Diversity, Chancengleichheit.
- Waldmann, M. R. (2002). Kategorisierung und Wissenserwerb. In J. Müseler & W. Prinz (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 433–491). München: Elsevier.
- Weinert, F. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert (Hrsg.): *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31) Weinheim und Basel: Beltz.
- Weiß, R. H. (2008). *Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest - Revision (WS/ZF-R)*. Göttingen: Hogrefe.
- Weisberg, R. (1988). The myth of scientific creativity. In J. G. Richardson (Hrsg.). *Windows on creativity and invention* (S. 39–61). Mount Airy: Lomond.
- Weisberg, R. (1989). *Kreativität und Begabung. Was wir mit Mozart, Einstein und Picasso gemeinsam haben*. Heidelberg: Spektrum.

- Westmeyer, H. (2008). Das Kreativitätskonstrukt. In M. Dresler & G. Baudson (Hrsg.), *Kreativität. Beiträge aus den Natur- und Geisteswissenschaften* (S. 21–30). Stuttgart: Hirzel.
- Wiesenfarth, G. (1990). *Produktplanung und -gestaltung. Eine Einführung*. Unveröffentlichtes Manuskript. Pädagogische Hochschule Freiburg.
- Wiesenfarth, G. (1991). Kontinuität oder Diskontinuität – eine überflüssige Diskussion? In R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & H. F. Bauer (Hrsg): *Wie Kinder erkennen. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts*, Bd. 1. (S. 98–122). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Wiesenfarth, G. (1992). Zum technischen Handeln als Grundbegriff einer Technikdidaktik. *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 66 (4). S. 31–44.
- Wiesenfarth, G. (1993). Zum Verhältnis von Wissen und Handeln - ein Unterrichtsbeispiel. *tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 70 (4), 26–33.
- Wiesmüller, C. (2012). Bildung unter der Bedingung der Technosphäre. In: U. Pfenning, & O. Renn (Hrsg.), *Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Zum Fachkräftemangel und zur Attraktivität der MINT Bildung und – Berufe im europäischen Vergleich* (S. 47–59). Baden-Baden: Nomos.

Studie „Technikdidaktische Medien“ –

M. Jeretin-Kopf, W. Kosack & C. Wiesmüller

- Aebli, H. (2001). *Denken: das Ordnen des Tuns. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie*. 3. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Altobelli, C. F. (2007). *Marktforschung. Methoden - Anwendungen - Praxisbeispiele*. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Amthauer, R. (1972). *PTV. Ein Test zur Untersuchung des praktisch-technischen Verständnisses*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung* (11., überarb. Aufl.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy. The exercise of control*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Baumert, J., Evans, R. H. & Geiser, H. (1998). Technical problem solving among 10-year-old students as related to science achievement, out-of-school experience, domain specific control beliefs and attribution patterns. *Journal of Research in Science Teaching* 35 (9), 987–1013.
- Beinbrech, C. (2003). *Problemlösen im Sachunterricht der Grundschule*. Univ. Münster (Westfalen). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:hbz:6-13266>, zuletzt aktualisiert am 2003.
- Benninghaus, H. (1990). *Einführung in die sozialwissenschaftliche Datenanalyse*. München, Wien: R. Oldenburg.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4. überarb. Aufl. Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Weber, R. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Mit 242 Tabellen* (6., vollst. überarb. und aktual. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin.

- Bühl, A. (2012). *SPSS 20*. (13., aktual. Aufl.). München: Pearson.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1997). Die Entwicklung der Intelligenz und des Denkens: Ergebnisse aus dem SCHOLASTIK-Projekt. In F.E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 28–35). Weinheim: Psychologie Verlagsunion.
- Dröher, E. (2001). Entwicklungspsychologie des Kindes. In W. Einsiedler, M. Götz, H. Hacker, J. Kahlert, R.W. Keck & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 115–123). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Drube, B. (1978). Konstruieren im Technikunterricht der Primarstufe. *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 10, 5–10.
- Eggleston, J. (Hg.) (2001). *Teaching design and technology* (3. Aufl.). Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Faulstich, P. (1992). Kinder zeichnen Technik II. Funktionalität und Personifizierung. *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 66, 5–10.
- Heller, K. (2008). *Von der Aktivierung der Begabungsreserven zur Hochbegabtenförderung. Forschungsergebnisse aus vier Dekaden*. Berlin: Lit.
- Heller, K. & Geisler, H.-J. (1983). KFT 1-3. *Kognitiver Fähigkeitstest für 1. bis 3. Klassen. Grundschulform*. Weinheim: Beltz Test.
- Heller, K. & Perleth, C. (2007). *MHBT-P. Münchner Hochbegabungstestbatterie für die Primarstufe. Manual*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Helmke, A. (1991). Die Entwicklung des Fähigkeitsbildes vom Kindergarten bis zur dritten Klasse. In R. Pekrun & H. Fend (Hrsg.), *Schule und Persönlichkeitsentwicklung. Ein Resümee der Längsschnittforschung* (S. 83–99). Stuttgart: Enke.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books Inc.
- Jeretin-Kopf, M. (2012). *Annika und Felix lernen sich kennen – Annika erfindet eine Gummibärenwurfmaschine*. Unveröffentlichtes Manuskript, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Jeretin-Kopf, M., & Kosack, W. (2012). Technische Kreativität. In S. Liebig (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen. Ein Unterrichtsprinzip* (S. 109–123). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Kornwachs, K. (Hrsg.) (2010). *Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, Strukturen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kosack, W., Jeretin-Kopf, M. & Wiesmüller, C. (erscheint 2015). Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Krapp, A. & Ryan, R.M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. Eine kritische Betrachtung der Theorie von Bandura aus der Sicht der Selbstbestimmungstheorie und der pädagogisch-psychologischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 44, Beiheft, 54–81.
- Leonhart, R. (2009). *Lehrbuch Statistik* (2., überarb. und erw. Aufl.). Bern: Huber.
- Lewis, T. (2009). *Creativity in technology education: providing children with glimpses of their initiative potential*. *International Journal of Technology and Design Education*, 19 (3), 255–268.

- Lienert, G.A. (1958, 1964). *Mechanisch - Technischer -Verständnistest. MTVT*. Göttingen: Hogrefe.
- Lienert, G.A. (1969). *Testaufbau und Testanalyse* (3. Aufl.). Weinheim, Berlin, Basel: Julius Beltz.
- Lochner, S. (1988). *Zur Identifikation der vorwissenschaftlich-technischen Begabung bei Schülern mittleren Schulalters im Rahmen einer Kreistechnikolympiade - ein Beitrag zur Entwicklung einer Theorie der technischen Begabung*. Pädagogische Hochschule „Dr. Theodor Neubauer“, Erfurt/Mühlhausen.
- McCade, J. (1990). Problem solving: Much more than just design. *Journal of Technology Education*, 2 (1), 1–13.
- Möller, K. (1991). *Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule*. Essen: Westarp.
- Mosher, F.A. & Hornsby, J.R. (1971). Über das Fragenstellen. In J.S. Bruner, R.R. Olver & P.M. Greenfield (Hrsg.), *Studien zur kognitiven Entwicklung* (S. 117–134). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001). *FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen* (Langversion, 2001). Online verfügbar unter <http://www.psych.uni-potsdam.de/people/rheinberg/messverfahren/FAMLangfassung.pdf>, zuletzt aktualisiert am 26.07.2001, zuletzt geprüft am 10.09.2012.
- Sachs, B. (1985). 18 Thesen zum Technischen Zeichnen im Technikunterricht. *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 36, 37–40.
- Sachs, B. & Fies, H. (1977). *Baukästen im Technikunterricht. Grundlagen und Beispiele*. Ravensburg: Otto Maier.
- Satow, L. (1999). *Klassenklima und Selbstwirksamkeitsentwicklung. Eine Längsschnittstudie in der Sekundarstufe I*. Dissertation. Freie Universität Berlin. Online verfügbar unter http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_00000000271.
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Schmeinc, D. & Kosack, W. (2003). Außerschulische Werkzeugerfahrungen von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 27 (109), 11–14.
- Schneider, K., Hanne, K. & Lehmann, B. (1989). The development of children's achievement-related expectancies and subjective uncertainty. *Journal of Experimental Child Psychology* 47 (1), 160–174.
- Scholz, U., Döna, B.G., Sud, S. & Schwarzer, R. (2002). Is general self-efficacy a universal construct? *European Journal of Psychological Assessment*, 18 (3), 242–251.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, 44, Beiheft, 28–53.
- Stier, W. (1999). *Empirische Forschungsmethoden* (2., verb. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Tomasello, M. (2003). The key is social cognition. In D. Gentner & S. Goldin-Meadow (Hrsg.), *Language in Mind. Advances in the study of language and thought*. (S. 47–57). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Tomasello, M. (2005). *Constructing a language. A usage-based theory of language acquisition* (1. paperback ed.). Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press.

- Tomasello, M. (2008). *Origins of human communication*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Turja, L. & Paas, K. (2011). Sichtweisen von Kindern zu Technik und Technikvermittlung. In C. Ruffer & B. Schwarze (Hrsg.), *Technikbildung verbessern – von Anfang an. Ausgewählte Forschungsergebnisse des europäischen Projekts UPDATE* (S. 12–34). Bielefeld: Kompetenzzentrum Technik, Diversity, Chancengleichheit (Schriftenreihe, 9).
- Ulrich, H. & Klante, D. (1973). *Technik im Unterricht der Primarstufe. Didaktische Grundlegung, Unterrichtsmodelle, Unterrichtsmaterialien*. Ravensburg: Otto Maier.
- Virtanen, S., Ikonen, P. & Rasinen, A. (2011). Motivation von Mädchen im Bereich der technischen Bildung. In C. Ruffer & B. Schwarze (Hrsg.), *Technikbildung verbessern – von Anfang an. Ausgewählte Forschungsergebnisse des europäischen Projekts UPDATE* (S. 58–69). Bielefeld: Kompetenzzentrum Technik, Diversity, Chancengleichheit (Schriftenreihe, 9).
- Ziefle, M. & Jakobs, E.M. (2009). *Wege zur Technikfaszination. Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte*. Unter Mitarbeit von K. Arning, P. Elftmann, A. Kursten, F. Langness & V. Niederau. Berlin, Heidelberg: acatech; Springer.
- Zlatev, J. (2008). The co-evolution of intersubjectivity and bodily mimesis. In J. Zlatev, T.P. Racine, C. Sinha & E. Itkonen (Hrsg.), *The shared mind. Perspectives on intersubjectivity* (S. 215–244). Amsterdam, Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.

Studie „Technikdidaktische Methoden“ –

M. Jeretin-Kopf, W. Kosack & C. Wiesmüller

- Beinbrech, C. (2003). *Problemlösen im Sachunterricht der Grundschule. Universität Münster* (Westfalen). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:hbz:6-13266>
- Benjes, H. (1975). *Erfinden, Forschen, Konstruieren im Technikunterricht. Informationsverarbeitung in Unterrichtsbeispielen*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Bertram, B. (2012). *Lippenstift und Motoröl. Eine Untersuchung zur Technologiekompetenz weiblicher Auszubildender am Beispiel von Kraftfahrzeugmechatronikern*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Bienhaus, W. & Radermacher, M. (2009). Guter Technikunterricht. Ein Anforderungsprofil aus fachdidaktischer und schulpraktischer Sicht. In DGTB Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V. (Hrsg.), *Handlungskompetenz in der technisierten Welt und Guter Technikunterricht. 9. Tagung der DGTB in Essen vom 18.-19. September 2007 10. Tagung der DGTB in Münster vom 11.-12. September 2008*. (Doppelband). Unter Mitarbeit von Wolf Bienhaus. (1. Aufl. S. 100–122). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag GmbH.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Drube, B. (1978). Konstruieren im Technikunterricht der Primarstufe. In *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 10, 5–10.
- Fausser, P., Fintelmann, K.J., Flitner, A. (Hrsg.). (1991). *Lernen mit Kopf und Hand. Berichte und Anstöße zum praktischen Lernen in der Schule* (2., überarb. und erg. Neuausgabe). Weinheim, Basel: Beltz.

- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Henseler, K., Höpken, G. (1996). *Methodik des Technikunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hoenen, G. (2009). Kompetenzerweiterung im Technikunterricht. Entwicklung von Handlungskompetenzen im Kontext persönlicher Erfahrungen. In DGTB Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V. (Hrsg.): *Handlungskompetenz in der technisierten Welt und Guter Technikunterricht. 9. Tagung der DGTB in Essen vom 18.-19. September 2007 10. Tagung der DGTB in Münster vom 11.-12. September 2008*. (Doppelband). Unter Mitarbeit von Wolf Bienhaus (1. Aufl., S. 31–42). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag GmbH.
- Jeretin-Kopf, M. (2012). *Subtest Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Kinder. 2. Fragebogen für Schülerinnen und Schüler*. Unveröffentlichtes Material, Pädagogische Hochschule Karlsruhe
- Jeretin-Kopf, M. (2013). *Subtest Motivation. 1. Fragebogen für Schülerinnen und Schüler*. Unveröffentlichtes Material, Pädagogische Hochschule Karlsruhe
- Mammes, I. (2001). *Förderung des Interesses an Technik. Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechterdifferenzen im technischen Interesse*. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.
- Pahl, J.-P. (2008). *Bausteine beruflichen Lernens im Bereich „Arbeit und Technik“. Teil 2: Methodische Grundlegungen und Konzeptionen* (3. erw. und aktual. Aufl.). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., Burns, B.D. (2001). *FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen* (Langversion). Online verfügbar unter <http://www.psych.uni-potsdam.de/people/rheinberg/messverfahren/FAMLangfassung.pdf>
- Schmayl, W. (1981). *Das Experiment im Technikunterricht. Methodische und didaktische Studien zur Grundlegung einer Unterrichtsmethode*. Bad Salzdetfurth: Barbara Franzbecker.
- Schmayl, W. (1984). Fertigungsaufgabe: Schraubendreher. In *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 32, 12–20.
- Schmayl, W. (1999). Zur Methodik des Technikunterrichts. In *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 93, 5–15.
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Theuerkauf, W.E. (2009). Kernkompetenzen von Technik im Lernbereich Haushalt - Technik - Wirtschaft/Arbeitslehre. In DGTB Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V. (Hg.), *Handlungskompetenz in der technisierten Welt und Guter Technikunterricht. 9. Tagung der DGTB in Essen vom 18.-19. September 2007 10. Tagung der DGTB in Münster vom 11.-12. September 2008*. (Doppelband). Unter Mitarbeit von Wolf Bienhaus (1. Aufl., S. 17–29). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag GmbH.
- Ulrich, H. & Klante, D. (1973). *Technik im Unterricht der Primarstufe. Didaktische Grundlegung, Unterrichtsmodelle, Unterrichtsmaterialien*. Ravensburg: Otto Maier.
- Wiesenfarth, G. (1992). Zum technischen Handeln als Grundbegriff einer Technikdidaktik. In *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 66 (4), 31–44.
- Wilkening, F. (1995). Methoden. In W. Schmayl & F. Wilkening (Hrsg.). *Technikunterricht* (2. Aufl., S. 145–166). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Willenberg, T. (2001). Der handlungsorientierte Ansatz im mehrperspektivischen Technikunterricht. In *Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 99, 12–16.

Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Lebenswelt – Ein didaktisches Konzept zur Unterstützung früher Bildungsprozesse –

Gabriele Graube & I. Mammes

A Campo, A. & Graube, G. (Hrsg.) (2010). *Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe*. Düsseldorf: VDI Verlag.

Banse, G. (2013). Erkennen und Gestalten – oder: über Wissenschaften und Machenschaften. In W. Bienhaus & W. Schlagenhauf (Hrsg.), *Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung*. 13. Tagung der DGTB in Basel vom 16.-17.09.2011 sowie Methoden des Technikunterrichts. 14. Tagung in Wolfsburg vom 14.-15.09.2012 (S. 21-49). Freiburg: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.

Baumert, J. & Geiser, H. (1996). *Alltagserfahrungen, Fernsehverhalten, Selbstvertrauen, sachkundliches Wissen und naturwissenschaftlich-technisches Problemlösen im Grundschulalter: Bericht [Projekt CROSSTEL]*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) & Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften*. Wuppertal: Druckhaus Ley + Wiegandt GmbH + Co.

Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz. *Diagnostica*, 32, 290-308.

Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 905-923.

Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.

Graube, G. (2014). Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 2 (1), 126-145.

Graube, G. (2013a). *Technoscience und Technoscience Education. Zum Paradigmenwechsel didaktischer Bezugsgrößen*. Verfügbar unter http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00028335/Graube-Technoscience_Education.pdf;jsessionid=C42598E25BA977C5C3E2BE4128D989AA

Graube, G. (2013b). Erfinden, Entdecken und Enttarnen: Didaktische Leitfragen für die Auseinandersetzung mit Basiskonzepten der Technik. In I. Mammes (Hrsg.), *Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven* (S. 22-44). Baltmannsweiler: Schneider.

Graube, G. & Mammes, I. (2013). *Didaktisches Konzeption eines interdisziplinären Ansatzes „Natur und Technik“ für die Gymnasialklassen fünf und sechs*. Verfügbar unter <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00054672>

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2009). *Physikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Köck, P. & Ott, H. (1994). *Wörterbuch für Erziehung und Unterricht*. Donauwörth: Verlag Ludwig Auer.

Krech, D., Crutchfield, R.S., Livson, N., Wilson, W.A. & Parducci, A. (1985). *Grundlagen der Psychologie* (Bd. 4). Weinheim: Beltz.

Kremer, M. (2012). *Grundbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern - Basiskompetenzen*. Neuss: Verlag Klaus Seeberger.

Kron, F. W. (2004). *Grundwissen Didaktik*. München, Basel: Ernst Reinhardt Verlag.

Lindemann, H. (2006). *Konstruktivismus und Pädagogik*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Mammes, I. (2008). *Denkmuster von Lehrkräften als Herausforderung für Unterrichtsentwicklung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Mammes, I. & Tuncsoy, M. (2013). Zur Bedeutung technischer Bildung für die Selbstbildung. In I. Mammes (Hrsg.), *Technisches Lernen im Sachunterricht - nationale und internationale Perspektiven*. Hohengehren: Schneiderverlag.

Mammes, I. (2014). Zum Einfluss früher technischer Bildung auf die Identitätsentwicklung. *tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 14 (151), 5-12.

Mantura, H.R. (1987). Kognition. In Schmidt, S.J. (Hrsg.), *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus* (S. 89-118). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Organisation for economic cooperation and development (2001). *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000*. Paris: OECD.

Organisation for economic cooperation and development (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy - A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.H. (2003). *Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

Petersen, W. H. (2001). *Kleines Methoden-Lexikon*. München: Oldenburg.

Reich, K. (2005). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1999). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. Forschungsbericht Nr. 60*. Verfügbar unter http://pblkurs.psi.uni-heidelberg.de/reinmann_mandl/mandl.htm 03.12.2013

Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 601-644). München: Beltz Verlag.

Renn, O. & Pfenning, U. (2010). Übergänge im Lern- und Erziehungsprozess der technisch-naturwissenschaftlichen Bildung. In A. a Campo & G. Graube (Hrsg.), *Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe* (S. 37-57). Düsseldorf: VDI Verlag.

Ropohl, G. (2005). Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, 14 (2), 24 - 31.

Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag.

Seel, N.M. (2000). *Psychologie des Lernens*. Stuttgart: UTB.

- Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study*. Washington DC: Government Print Office.
- Sukopp, T. (2010). Interdisziplinarität und Transdisziplinarität. Definitionen und Konzepte. In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp, & U. Voigt (Hrsg.), *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis und Probleme* (S. 13-29). Darmstadt: WBG.
- Vollmer, G. (2010). Interdisziplinarität - unerlässlich, aber leider unmöglich? In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp, & U. Voigt (Hrsg.), *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme* (S. 47-57). Darmstadt: WBG.
- Ziefle, M. & Jakobs, E.-M. (2010). *Wege zur Technikfaszination. Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte*. Berlin: Springer.
- Zimbardo, P. G. & Gerrig, R. J. (2004). *Psychologie*. München u.a.: Pearson.

Fazit und Ausblick – Wie die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ mit den Erkenntnissen umgeht –

Stiftung Haus der kleinen Forscher

- Benz, C., Grüßing, M., Lorenz, J.-H., Selter, C. & Wollring, B. (in Vorbereitung). Zieldimensionen mathematischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung Haus der kleinen Forscher*. Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- Borowski, C., Köster, H., Magenheim, J., Romeike, R., Schulte, C., & Schroeder, U. (in Vorbereitung). Zieldimensionen informatischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung Haus der kleinen Forscher*. Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.
- International Technology and Engineering Education Association (Ed.). (2005). *Measuring Progress: A Guide to Assessing Students for Technological Literacy. Addenda to Technological Literacy Standards Series. Advancing Technological Literacy: ITEA Professional Series*. <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED489821.pdf>
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012b). *Technik – Bauen und Konstruieren. Hintergründe und Praxisideen für die Umsetzung in Hort und Grundschule*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.). (2013a). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013b). *Monitoring-Bericht 2013*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Pdf verfügbar unter www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2014a). *Kannst du mich verstehen. Die Vielfalt der Kommunikation erkunden und erforschen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de

- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015a). *Pädagogischer Ansatz der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Anregungen für die Lernbegleitung in Naturwissenschaften, Mathematik und Technik (5. Auflage). Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015b). *Technik – Kräfte nutzen und Wirkungen erzielen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015c). *Methoden- und Entdeckungskarten für pädagogische Fach- und Lehrkräfte: Technik – Kräfte und Wirkungen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015d). *Handreichung für den Umgang mit dem Karten-Set für Kinder: Technik – Kräfte und Wirkungen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2015e). *Karten-Set für Kinder: Technik – Kräfte und Wirkungen*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: www.haus-der-kleinen-forscher.de
- Wissensfabrik – Unternehmen für Deutschland e. V. (in Druck). *KiTec – Kinder entdecken Technik – Handbuch für die Kita*. Ludwigshafen: Wissensfabrik – Unternehmen für Deutschland e. V. Erscheint auch unter: www.wissensfabrik-deutschland.de



Anhang

Anhang 1: Zieldimensionen technischer Bildung

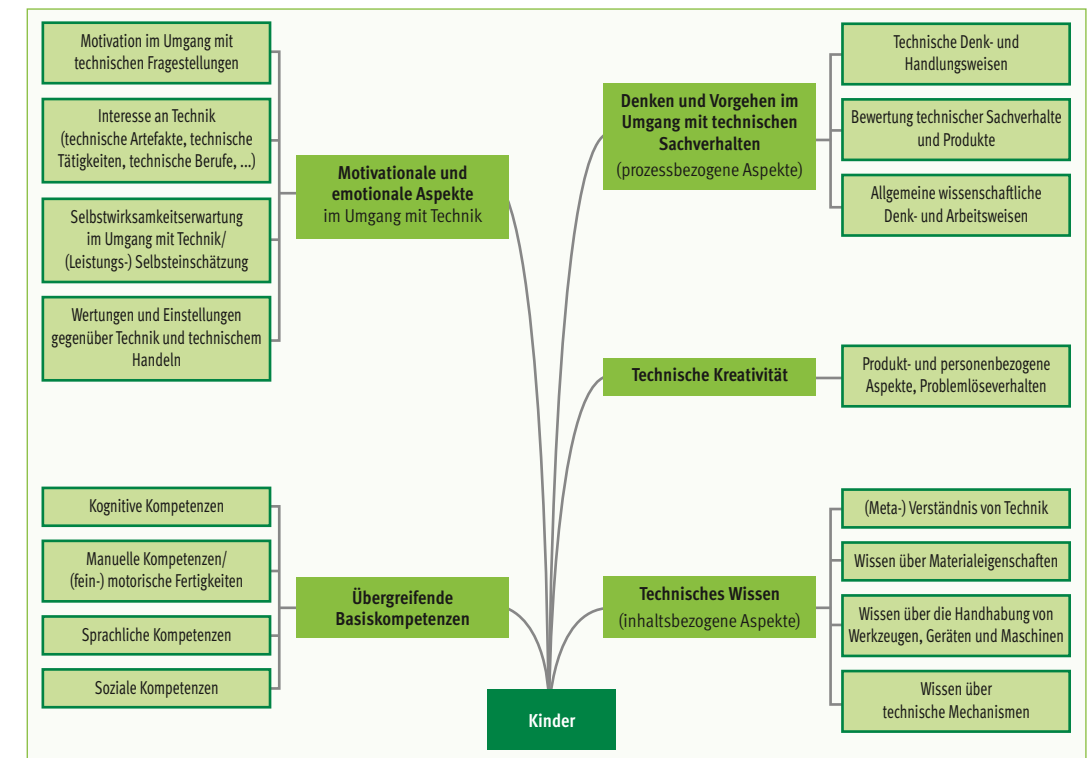
Anhang 2: Konkretisierungsbeispiele zum Design Process

Anhang 3: Instrumente und ergänzende Tabellen

Anhang 4: Verlaufspläne, Fragebögen und ergänzende Tabellen

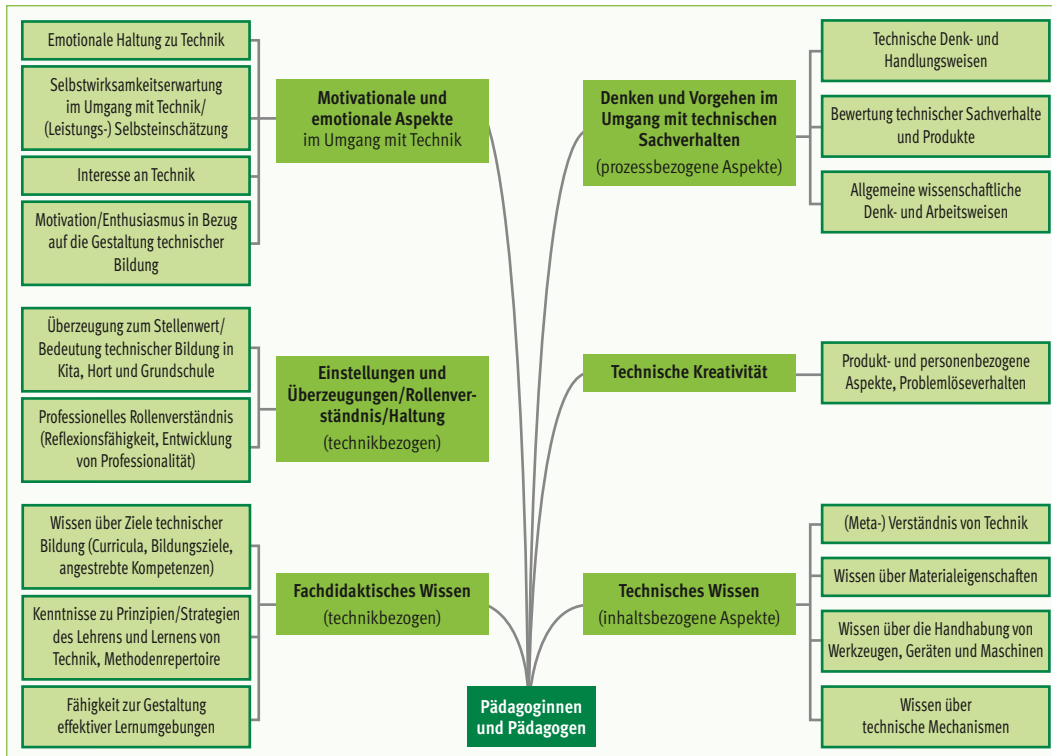
Anhang 1: Zieldimensionen technischer Bildung

Anhang 1.1: Zieldimensionen technischer Bildung für Kinder im Kita- und Grundschulalter



Quelle: Stiftung Haus der kleinen Forscher; nach Kosack, Jeretin-Kopf & Wiesmüller, 2015, In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*, Band 7.

Anhang 1.2: Zieldimensionen technischer Bildung für pädagogische Fach- und Lehrkräfte



Quelle: Stiftung Haus der kleinen Forscher; nach Kosack, Jeretin-Kopf & Wiesmüller, 2015, In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 7.

Anhang 2: Konkretisierungsbeispiele zum Design Process

Anhang 2.1: Gummibärchenwurfmaschine

(M. Jeretin-Kopf und W. Kosack, 2012)

Dieses Beispiel (siehe Tabelle 49) zeigt den gesamten Ablauf des Design Process für die technische Lösung eines individuellen Problems. Das Beispiel wurde in vielen Gruppen erprobt und allgemein gut aufgenommen. Kritik wurde jedoch vor allem an zwei Aspekten geübt:

- a) das Beispiel sei „verkrampt, konstruiert und unecht“ (Schlagenhauf, persönliche Mitteilung),
- b) Gummibärchen seien Lebensmittel und damit solle man nicht „spielen“ (anonyme Zuschrift auf eine Veröffentlichung des Beispiels in einer Zeitschrift).

Phase im Design Process	Beschreibung / Kommentar	Ziele/Kompetenzen
Problemsituation (menschliches Bedürfnis bzw. Wunsch als Ausgangspunkt)	Zu Beginn wurde den Schülerinnen und Schülern eine kurze Geschichte vorgelesen. In dieser Geschichte lernen sich zwei Nachbarkinder, Annika und Felix, kennen. Annika möchte Felix ein paar von ihren Gummibärchen geben, aber Felix ist krank und sie darf ihn wegen der Ansteckungsgefahr nicht besuchen. Hier endet die Geschichte.	Problemidentifizierung Zusammenstellung von Lösungsvorschlägen – diese werden ggf. durch die Fachkraft auf eine technische Lösung gelenkt
Technische Problemlösung (Finaler Charakter der Technik)	Annika nimmt sich daher vor, eine Gummibärchenwurfmaschine zu bauen, mit der sie ihm die Gummibärchen durch das Fenster befördern kann. Die Lerngruppe soll Annika unterstützen.	Sammeln von Kriterien, denen die Maschine gerecht werden muss (Pflichtenheft)
Materialerkundung (naturgesetzliche Rahmenbedingungen)	Es erfolgt die Sichtung der zur Verfügung stehenden Materialien. Die Materialien dürfen von den Kindern angefasst, auf ihre Eignung getestet, d.h. manipuliert werden. Gemeinsam mit der Fachkraft besprechen die Kinder die Materialeigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten.	Entdeckung von Materialeigenschaften und möglichen Wirkungsprinzipien wie Elastizität, Verformbarkeit, Reibung, Härte, Verbindungsmöglichkeiten, Wirkungszusammenhänge,

Ideenfindung (individueller Abwägungsprozess)	Kinder überlegen, wie sie aus den Materialien eine Maschine bauen können.	Individuelle Ideenvielfalt wird auf eine Idee reduziert, die vorgestellt werden soll.
Vorbereitung der Kommunikation	Danach werden die Kinder aufgefordert, eine Skizze der Gummibärchenwurfmaschine anzufertigen.	Anfertigen einer Kommunikationsbasis (graphisch) für die Vorstellung der Idee.
Kommunikation der Ideen (Ideenfindung als Ergebnis individueller und gesellschaftlicher Kommunikation)	Die Entwürfe werden an einer Wand befestigt und die Kinder diskutieren über die einzelnen Entwürfe, wägen die Lösungsgestalten ab und tauschen sich über die verschiedenen möglichen Wirkmechanismen aus.	Neue Ideen werden zur Kenntnis genommen, Wirkmechanismen und Herstellungsschritte werden erklärt und ggf. von der Gruppe erfragt.
Fertigung der Maschine	Kinder fertigen ihre Gummibärchenwurfmaschinen. Dabei können sie bei ihren Entwürfen bleiben, sich für einen anderen entscheiden oder einen gänzlich neuen entwickeln.	Individueller Entscheidungsprozess aufgrund individueller Wertvorstellungen, Umgang mit Material und Werkzeug, Erfahrungen der Einsatzmöglichkeiten von Werkzeugen.
Erprobung der Maschine	Die fertigen Maschinen bzw. einzelne Funktionsteile werden erprobt und ggf. verbessert.	Optimierungsprozess, technische Experimente,
Präsentation der Maschine	Vorstellen der Maschine vor der Gruppe, Erläutern der Funktion und ggf. begründen bestimmter Entscheidungen für eine Lösung.	Kommunikation der gefundenen Lösungen (Vielfalt der möglichen Lösungen erkennen)
Bewertung des Ergebnisses	Gruppe beurteilt die Maschinen hinsichtlich ihrer Zweckerfüllung (z.B. mit Vergabe von Punkten), Bewertung auch nicht objektiver Aspekte.	Beurteilung anhand der Erfüllung der Kriterien, Aufwand, Bewertung: Aussehen, Pfiffigkeit usw.

Tabelle 49: Ablaufschema für das Zugangsthema „Gummibärchenwurfmaschine“

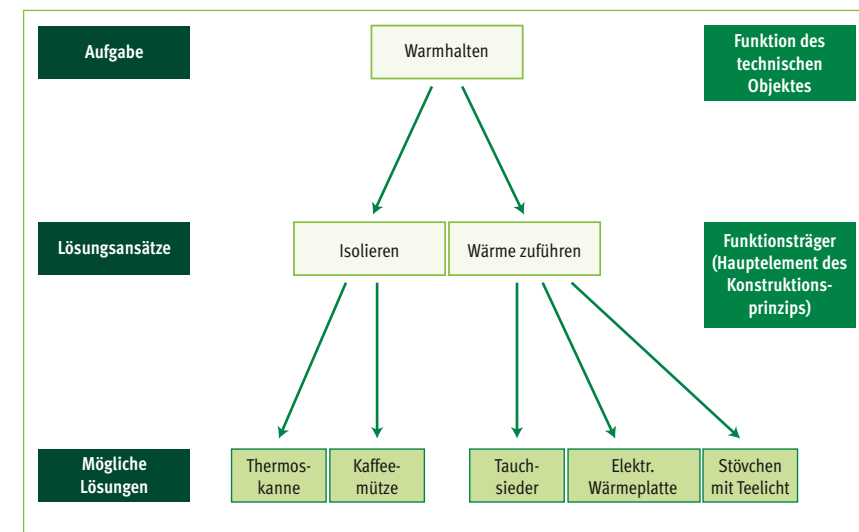
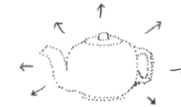
Anhang 2.2: Stövchen

(G. Wiesenfarth, ca. 1990)¹

Dieses Beispiel zeigt einen Ausschnitt aus dem Design Process. Die kommunikativen Phasen bei der Eingrenzung der Lösungsfindung sind nicht aufgeführt.

Problemsituation:

Tee oder Kaffee in der Kanne auf dem Esstisch wird kalt.



Mit Rücksicht auf die Werkstattbedingungen in der Schule, auf leichte Herstellbarkeit, beschränktes Können und Wissen wird der letztgenannte Lösungstyp weiter verfolgt: Wärmequelle ist ein Teelicht.

Eingeengte Problemsituation:

Gefäßboden und Teelicht



¹ Wir danken Martin Binder für die Übermittlung dieses Beispiels aus dem Nachlass von Wiesenfarth.

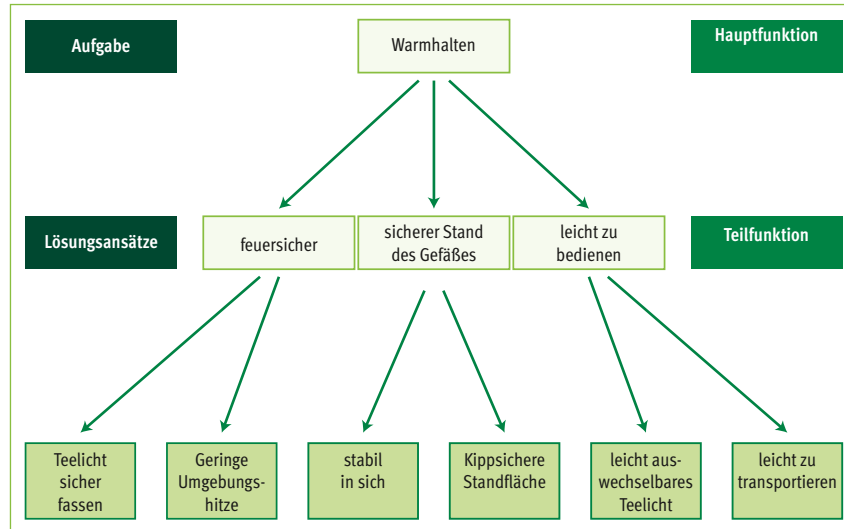
Wodurch kann das Gefäß über der Flamme gehalten werden? – Vorgegeben ist damit:

- Teelicht** - mit bestimmtem Durchmesser
 - mit durchschnittlicher Flammenhöhe

Gefäße - mit unterschiedlichen Durchmessern der Stellfläche.

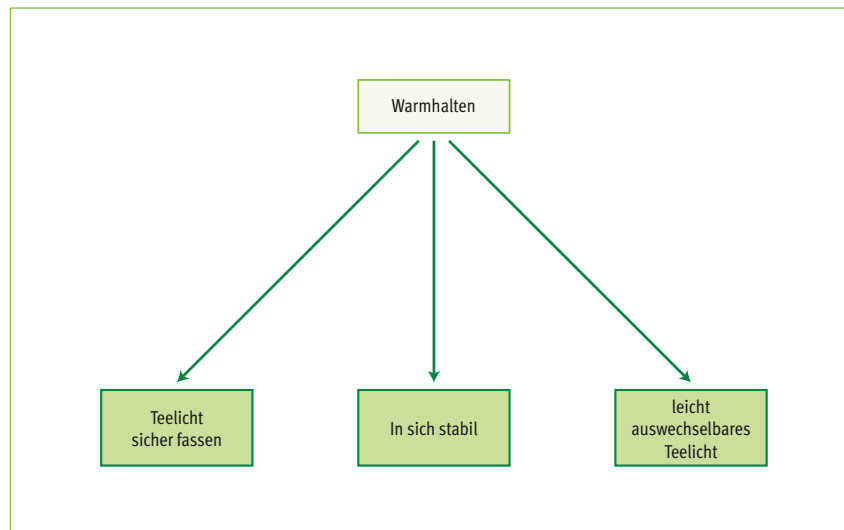
Aufgabe:

Gerät oder Gestell entwerfen, das das Gefäß auf Abstand hält und das Teelicht aufnimmt.



Lösung in Schritten:

Welche Funktion muss das zu entwickelnde Objekt haben?

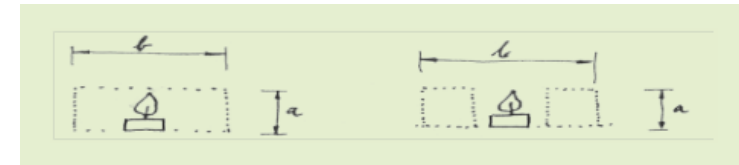


Mögliche Reduktion (Auswahl) der Funktionen:

Anforderung dabei:

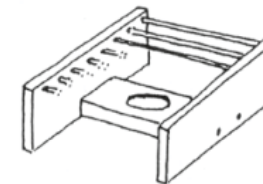
1. Gute Wärmeausnutzung, ein Liter soll eine Stunde warm gehalten.
2. Leicht herstellbar, mit Fertigungsverfahren herstellbar, die in der Schule leicht ausgeführt werden können.
3. Einfache Formgestaltung, die die Funktion sichtbar macht.

Konstruktionsprinzip zur Erfüllung der Funktion

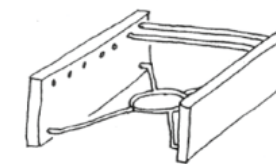


maximale Weite der Standfläche

Durch experimentelle Variation muss die Höhe der Stellfläche bestimmt werden, der maximale Durchmesser der Stellfläche wird durch die zu benutzenden Gefäße bestimmt.



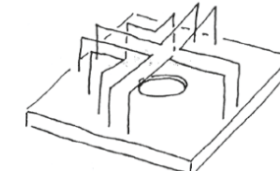
◆ Variante 1.1



◆ Variante 1.2



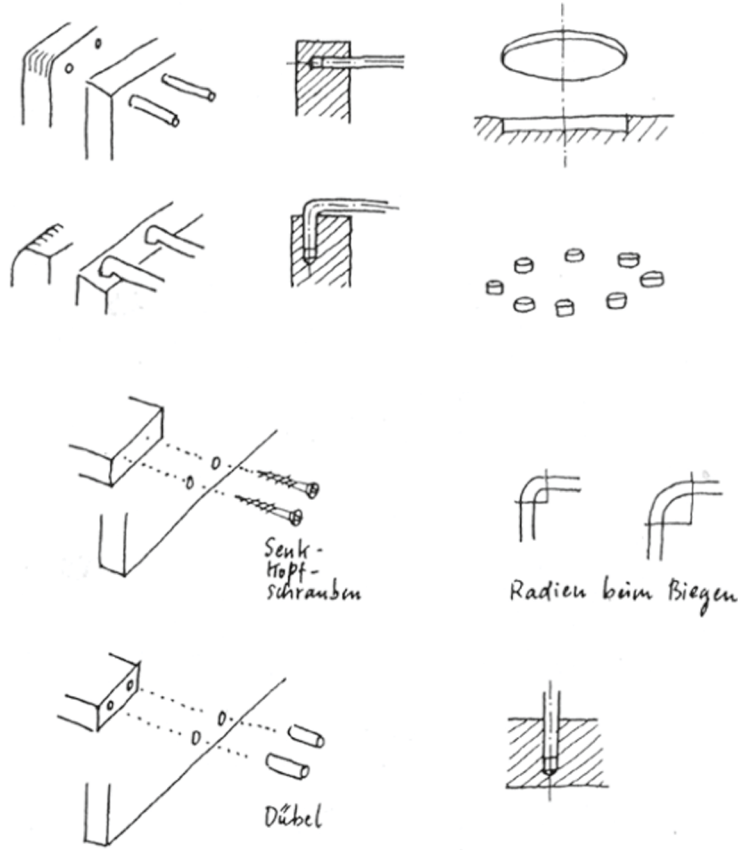
◆ Variante 2.1



◆ Variante 2.2

Befestigung der Metallstäbe in der Holzwand

Vertiefung für Teelicht



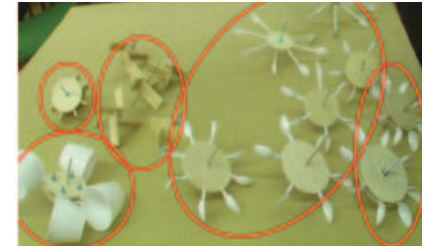
Verbindung zwischen den Holzteilen

Befestigung der Stäbe in der Grundplatte

Anhang 2.3.: Wasserrad

(W. Kosack, 2010)

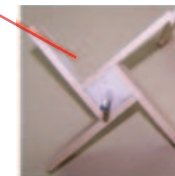
Dieses Beispiel verdeutlicht einen Ausschnitt aus dem Design Process, das systematische Konstruieren.



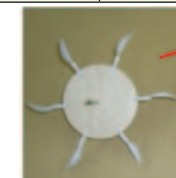
Ausgangslage: Ein Wasserrad soll konstruiert werden. Es sollen möglichst viele Konstruktionen erprobt werden können. Die gefertigten Wasserräder können in Gruppen mit ähnlichen Konstruktionsprinzipien zusammengefasst werden.

Daraus lässt sich eine Matrix erstellen, in der alle (mit den zur Verfügung stehenden Materialien) möglichen Konstruktionen hergeleitet werden können, z.B.

Entscheidungsmatrix				
Benennung	Art der Ausführung			
Schaufelträger (Art)	Platte kreisförmig klein	Platte kreisförmig groß	Platte quadratisch	Kantholz
Schaufelträger (Anzahl)	1	2		
Schaufeln (Art)	Leistenabschnitt	Kunststofflöffel		
Schaufeln (Anzahl)	2	4	6	8



Entscheidungsmatrix				
Benennung	Art der Ausführung			
Schaufelträger (Art)	Platte kreisförmig klein	Platte kreisförmig groß	Platte quadratisch	Kantholz
Schaufelträger (Anzahl)	1	2		
Schaufeln (Art)	Leistenabschnitt	Kunststofflöffel		
Schaufeln (Anzahl)	2	4	6	8



Anhang 3: Instrumente und ergänzende Tabellen

Anhang 3.1: Anleitung für die Betreuerinnen und Betreuer (Vorerhebung)

Der Text, welcher den Betreuerinnen und Betreuern vorlag, ist im Folgenden aufgeführt:

- Vergewissern Sie sich, dass alle Kinder an einem Einzelplatz sitzen.
- Haben alle Kinder Stifte? (Keine Bleistifte)
- Lesen Sie folgenden Text laut vor.

„Liebe Kinder,

wir bitten euch um eure Mithilfe, weil wir gerne wissen würden, welche Erfahrungen ihr schon mit technischen Sachen gemacht habt und ob ihr euch gerne mit technischen Sachen beschäftigt.

Die Daten werden anonym erhoben, das bedeutet, dass wir nicht wissen, wer von euch welche Antwort gegeben hat. Ihr solltet auf die Bögen deshalb keine Namen schreiben, sondern nur die Nummern, die ihr von uns bekommen habt.

Bei den meisten Antworten gibt es keine richtige oder falsche Antwort. Ihr braucht also keine Angst zu haben, etwas Falsches zu antworten.

Damit wir eure Antworten auch verwenden können, ist es wichtig, dass ihr genau die Anweisungen befolgt, die der Betreuer oder die Betreuerin euch gegeben hat.

Falls ihr etwas nicht verstanden habt, dann dürft ihr danach fragen.

Bei den meisten Aufgaben sollte man die Antworten nur ankreuzen.

Kreuzt bitte immer nur eine Möglichkeit an.

Blättert erst um, wenn der Betreuer/die Betreuerin euch darum bittet.“

Achten Sie auf die Einhaltung dieser Vorgabe!!!!

„Habt ihr noch Fragen?“

„Trage bitte hier die Nummer ein, die du von deinem Lehrer bekommen hast.“
(Falls die Nummer bereits eingetragen ist, bitte fortfahren.)

Jetzt kann es losgehen. Bitte blättert um.

- I. „Auf dieser Seite seht ihr eine Tabelle. Links in der Tabelle stehen Aussagen (Sätze), wie zum Beispiel „Ich kenne mich mit technischen Sachen gut aus.“ Uns interessiert eure Meinung über diese Aussagen. Wenn ihr der Meinung seid, dass die Aussage stimmt, dann kreuzt ihr das erste Kästchen an. Wenn die Aussage manchmal stimmt, dann kreuzt ihr das zweite Kästchen an. Wenn ihr der Meinung seid, dass die Aussage nie stimmt, dann kreuzt ihr das letzte Kästchen an. Kreuzt nun das Kästchen für die erste Aussage an. Nun lese ich euch die zweite Aussage vor. Kreuzt nun ein Kästchen an, welches eure Meinung wiedergibt.“

Aussagen 3- 6 nach dem gleichen Muster vorlesen.

- II. „Auf dieser Seite seht ihr Bilder. Zu den Bildern werde ich euch Fragen stellen. Hört genau zu und kreuzt dann das Kästchen an, das die richtige Antwort angibt. Ich werde euch nun die Aufgabe Nr. 7 vorlesen. Wenn ihr ein Kästchen angekreuzt habt, dann wartet bitte, bis ich euch die nächste Aufgabe vorlese.“

Aufgabe vorlesen

- III. „In jeder Reihe siehst du mehrere Gegenstände. Ein Gegenstand passt nicht zu den anderen. Kreuze das Kästchen unter dem Bild an, das nicht zu den anderen passt. Aufgabe 13 und 14 sind Beispiele. Wir machen sie gemeinsam.“

„Jetzt könnt ihr alle Aufgaben auf dieser und nächsten Seite alleine lösen. Wartet dann, bis wir gemeinsam weitermachen.“

- IV. „Auf dieser Seite seht ihr eine Tabelle. Links in der Tabelle stehen Aussagen (Sätze). Ihr habt vier Antwortmöglichkeiten:

- Stimmt genau – das erste Kästchen
- stimmt nur manchmal – das zweite Kästchen
- stimmt eher nicht (fast gar nicht) – das dritte Kästchen
- und stimmt überhaupt nicht – das vierte Kästchen.

Ich werde euch die Aussagen vorlesen. Kreuzt dann nach jeder Aussage das Kästchen an, das eurer Meinung nach am meisten zutrifft.“

Die Aussagen der Reihe nach langsam vorlesen.

- V. „Diese und folgende Aufgaben könnt ich nun ganz alleine lösen. Lest euch die Aufgaben genau durch, bevor ihr ein Kästchen ankreuzt.“

Anhang 3.2: Anleitung für die Betreuerinnen und Betreuer (Hauptuntersuchung)

Den Gruppenleitungen lag folgende Übersicht vor:

Gesamtdauer: 4 Unterrichtsstunden (3 Zeitstunden) + Pause

Kinder	Betreuer
Kinder hören zu, beantworten die Fragen zu der Geschichte	Begrüßung Die Geschichte „Anika und Felix lernen sich kennen“ wird vorgelesen. Fragen zu der Geschichte werden gestellt.
Kinder begutachten die Materialien und Werkzeuge, stellen Fragen, antworten auf die Fragen zu Materialeigenschaften und Werkzeugen.	„Auch ihr könnt eine Gummibärchenwurfmaschine bauen. Schauen wir uns die Materialien an, die uns zur Verfügung stehen. Betreuer leitet das Gespräch über die Materialien und Werkzeuge.
Kinder zeichnen die Erstentwürfe.	„Habt ihr schon eine Idee?“ Zeichnet eure Ideen auf die gelben Blätter.
Kinder stellen nacheinander ihre Entwürfe der Gruppe vor. Kinder notieren ihre Nummer auf den runden Aufklebern	Betreuer fordert die Kinder auf, ihre Entwürfe kurz vorzustellen. Die Erstentwürfe werden an die Tafel geheftet. Kindern werden runde Aufkleber ausgeteilt. Sie werden gebeten, ihre Nummer auf den Aufklebern zu notieren.
Kinder bilden um die Erstentwürfe an der Tafel einen Stehkreis. Kinder stellen sich gegenseitig Fragen und beantworten sie. Diejenigen, die die Fragen stellen, heften ihre Aufkleber an die Erstentwürfe, an die sich die Fragen richten.	Betreuer fordert die Kinder auf, Fragen zu den Entwürfen zu stellen. Betreuer notiert an den runden Aufklebern, um welche Art der Fragen es sich handelt (siehe Anlage „Kommentare zu Skizzen“).
	„Jetzt dürft ihr eure eigenen Wurfmaschinen bauen. Ihr könnt die Maschine bauen, die ihr geplant habt, oder euch eine neue überlegen.“ Gruppen werden gebildet: Jeder Betreuer übernimmt 3-4 Kinder.
Erste Bauphase Kinder beginnen mit dem Bau der Wurfmaschinen.	Betreuer helfen den Kindern (Materialausgabe, Zuhören, Nachfragen, Arbeit mit Werkzeugen) und notieren sich ihre Beobachtungen auf die orangenen „Problemkarten“ (siehe Anlage).
Pause nach ca. 1,5 Stunden	

Kinder füllen den Fragebogen zur aktuellen Motivation aus.	Betreuer erläutert den Kindern den Fragebogen zur aktuellen Motivation .
Zweite Bauphase Kinder dürfen jederzeit die Leistung ihrer Maschine testen (Gummibärchen stehen zur Verfügung)	Betreuer helfen den Kindern (Materialausgabe, Zuhören, Nachfragen, Arbeit mit Werkzeugen) und notieren sich ihre Beobachtungen auf die blauen „Problemkarten“ (siehe Anlage).
Kinder erklären den Bau der Maschine für beendet. Kinder geben ihre Maschine ab. Falls einzelne Kinder bereits fertig sind, können sie nach der Abgabe der Maschine etwas anderes bauen oder spielen.	Betreuer beschriften die Objekte mit den Nummern der Kinder Betreuer füllen den Fragebogen für Betreuer am Ende der zweiten Bauphase aus: ◆ notieren den Zeitpunkt der Fertigstellung des Objekts , ◆ füllen den Fragebogen zur Erfassung der Persönlichkeitsaspekte aus.
	Verabschiedung: Jedes Kind bekommt eine Tüte Gummibärchen.

Anhang 3.3: Geschichte „Annika und Felix lernen sich kennen – Annika erfindet eine Gummibärchenwurfmaschine“ (Hauptuntersuchung)

Der Text, welcher den Kindern als Eingangsgeschichte vorgelesen wurde, ist im Folgenden aufgeführt (Jeretin-Kopf, 2012, nicht veröffentlicht)

Annika und Felix sind Nachbarn.

Seit gestern.

Da ist nämlich Felix in das benachbarte Haus eingezogen. Mit seinen Eltern, einer kleinen Schwester, einem Hund und zwei Meerschweinchen.

Annika ist neugierig.

Sie sitzt auf dem Klettergerüst in ihrem Garten und während sie ein Gummibärchen nach dem anderen vernascht, schaut sie über die Mauer auf das benachbarte Grundstück.

Dort spielt Felix mit seinem Hund „Stöckchen werfen“. Unermüdlich.

„Hallo“, ruft Annika laut.

Felix und sein Hund bleiben stehen.

„Hallo“, ruft Felix und lacht. Sein Hund wedelt mit dem Schwanz.

So lernen sich Annika und Felix kennen.

„Magst du Gummibärchen“, fragt Annika und winkt mit der Gummibärchentüte.

„Ja, schon“, antwortet Felix, „aber die Mauer ist zu hoch. Ich glaube nicht, dass wir hochklettern können.“

„Nein, Klettern geht nicht, Werfen klappt vielleicht“, ruft Annika und schon steht sie unter der Mauer und versucht ein Gummibärchen über die Mauer zu werfen.

„Es klappt nicht, aber warte. Ich habe eine Idee... Ich baue mir eine Gummibärchenwurfmaschine. Dann klappt es bestimmt!“ und verschwindet hinter dem Haus.

Felix ist etwas ratlos. „Na ja“, denkt er, „ob das klappt?“

Sein Hund wartet schon auf das Stöckchen.

Anhang 3.4: Übersicht über die Items des Subtests Zuversicht

Nr.	Items des Tests von Baumert et al. (Baumert et al., 1998, S. 999)	Übersetzte und umformulierte Items des Subtests Zuversicht
1	Technical things are not for me.	Ich kenne mich mit technischen Sachen gut aus.
2	I often don't understand how to repair technical things.	Ich verstehe, wie man technische Sachen repariert.
3	Although I really do try, I have more trouble understanding technical things than my classmates.	Wenn es um die Technik geht, verstehe ich die Sachen besser als meine Kameraden.
4	Even when I try, I don't understand how electrical appliances work.	Ich verstehe, wie elektrische Geräte funktionieren.
5	I just don't have any talent when it comes to mechanical toys.	Was Technik angeht, bin ich begabt.
6	Nobody can do everything. I just can't work with real tools.	Mit Werkzeug kann ich gut umgehen.
	Antwortformat: Vierstufige Likert-Skala (Very often – Often – Sometimes – Seldom or Never)	Antwortformat: Dreistufige Likert-Skala (stimmt immer – stimmt manchmal – stimmt nie)

Tabelle 50: Übersicht über die ursprünglichen Items des Tests von Baumert et al. (1998) und die für den Subtest Zuversicht übersetzten und ggf. umformulierten Items

Anhang 3.4: Übersicht über die Items des Subtests Zuversicht

Zur Einschätzung des kindlichen Interesses an technischen Berufen wurden folgende Berufe den Kindern vorgegeben:

- Maurerin/ Maurer,
- Schreinerin/Schreiner; Tischlerin/Tischler
- Metallbauerin/Metallbauer; Schlosserin/Schlosser; Mechanikerin/Mechaniker
- Elektrikerin/Elektriker
- Köchin/ Koch
- Krankenschwester/Krankenpflegerin/Krankenpfleger
- Gärtnerin/Gärtner
- Landwirtin/Landwirt; Bäuerin/Bauer
- Chemiker/Chemikerin; Chemielaborant/Chemielaborantin

- Pilotin/Pilot
- Schneiderin/Schneider; Näherin/Näher
- Automechanikerin/Automechaniker
- Lokführerin/Lokführer
- Spielzeugherstellerin/Spielzeughersteller
- Lebensmittelherstellerin/Lebensmittelhersteller (z. B. Wurst, Käse, Nudeln)

Anhang 3.6: Items im Subtest Vorerfahrungen

Zur Einschätzung der kindlichen Vorerfahrungen wurden:

a) folgende Werkzeuge den Kindern vorgegeben:

- Zange
- Säge
- Schraubenschlüssel
- Hammer
- Schaufel
- Feile
- Schraubendreher/Schraubenzieher
- Metermaß
- Luftpumpe
- Trichter
- Nadel und Garn

b) folgende Maschinen wurden genannt:

- Waschmaschine
- Geschirrspüler
- Handrührgerät/Küchenmaschine/Mixer
- Nähmaschine
- Fotoapparat
- Computer
- Herd/Backofen/Mikrowelle

- Wasserkocher
- Rasenmäher
- Handy
- Bohrmaschine

c) folgende Spiele wurden aufgeführt:

- Elektrische Spiele wie Eisenbahn, Auto-Rennbahn oder ferngesteuerte Autos
- Computerspiele wie Gameboy oder Playstation
- Lego
- Fischertechnik
- Metallbaukasten
- Kosmos-Experimentierkasten
- Playmobil

Anhang 3.7: Items im Subtest Technisches Verständnis

Folgende Items wurden aus dem MTVT übernommen und zum Teil sprachlich an das Grundschulniveau angepasst:

1. Schraubenschlüssel:

Auf der Zeichnung sind drei Schraubenschlüssel zu sehen (mit den Buchstaben A-C gekennzeichnet), die drei gleich große Muttern greifen. Die Schraubenschlüssel unterscheiden sich in der Länge des Griffs.

Die Frage lautet: „Mit welchem Schlüssel geht es leichter, die Schraubenmutter anzuziehen? Geht es mit allen drei Schlüsseln gleich gut, dann kreuze „D“ an.

2. Umdrehungen:

Auf der Abbildung sind drei Räder zu sehen, die sich berühren. Die drei Räder unterscheiden sich im Umfang.

Die Frage lautet: „Welches Rad macht die meisten Umdrehungen? Haben alle Räder die gleiche Anzahl an Umdrehungen, dann kreuze „D“ an.

3. Schiffe

(bei diesem Item wurde die Abbildung nicht dem MTVT entnommen). Beispielhaft wird dieses Item hier dargestellt:



4. Wasserdruck

Auf der Abbildung sind drei runde Gefäße zu sehen, die über den gleichen Durchmesser, aber eine unterschiedliche Höhe verfügen. Zwei der Gefäße stehen auf einer Erhöhung, so dass sich der obere Rand der Gefäße auf einer Höhe befindet. An jedes Gefäß wurde ein Schlauch angeschlossen, der sich bei allen drei Gefäßen im gleichen Abstand vom oberen Rand befindet.

Die Frage lautet: „Aus welchem Schlauch wird das Wasser mit dem stärksten Druck herausfließen? Besteht kein Unterschied, dann markiere „D“.“

Folgendes Item wurde dem PTV (Form A₁) entnommen:

5. Schere

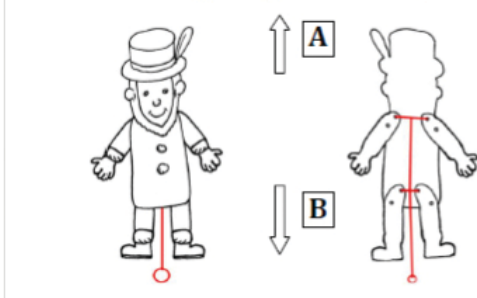
Auf der Abbildung sind drei Scheren zu sehen. Sie unterscheiden sich in der Länge der Schneide und des Hebelarms.

Die Frage lautet: „Mit welcher Schere braucht man am wenigsten Kraft? Braucht man bei allen drei Scheren gleich viel Kraft, dann markiere „D“.“

Der Test bestand aus einem weiteren Item, das nicht den genannten Tests entnommen wurde (Jeretin-Kopf, 2013):

6. Hampelmann

10. In welche Richtung bewegen sich die Arme, wenn man an der Schnur zieht?



Anhang 3.8: Berechnung der internen Konsistenz der Subtests der Vorerhebung

Zieldimension	Name des Subtests	Anzahl der Items	Interne Konsistenz	
			α	KR20
„Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“	Zuversicht	6	.781	–
	Wertungen und Einstellungen	4		
	Freizeitwünsche (technische Aktivitäten)	3		
	Interesse für technische Berufe	15		
	Summe	28		
„Technisches Wissen: Vorerfahrungen“	Werkzeuge	11	.819	–
	Maschinen	11		
	Spiele	7		
	Summe	29		
„Übergreifende Basiskompetenzen“	Technisches Verständnis	6	–	.554
	Schlussfolgerndes Denken	15		
	Summe	21		

Anmerkungen. α = Cronbachs Alpha (ordinalskalierte Daten); KR20 = Kuder-Richardson-Reliabilitätsindex (dichotome Daten).

Tabelle 51: Berechnung der internen Konsistenz der Subtests der Vorerhebung







Anhang 3.9: Kodierung der Fragen und Äußerungen in der Gesprächsphase

Die Fragen und Anmerkungen der Kinder zu den Entwürfen wurden nach folgendem Schema kodiert:

M	Material, Materialeigenschaften
Bef	Befestigung
Bea	Bearbeitung
W	Wirkmechanismus (Wie geht das? Wie soll das funktionieren?...)
St	Stabilität
Werk	Arbeit mit Werkzeugen
Org	Organisatorische Probleme/Arbeitsteilung, Zeit, ..
Obj	Objekt (Was ist das?)
Sonst	Sonstige Probleme; Anmerkungen

Anhang 3.10: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen

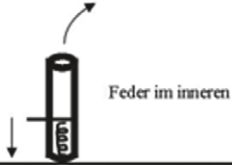
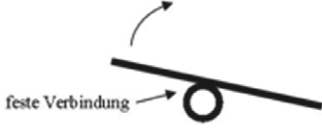


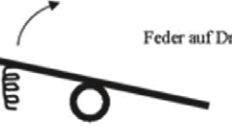
Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
1	Schleuder	 Handschleuder mit Gummi	2
2	Katapult		2
3	Standschleuder	 fest stehend	2
4	Lasso	 Seil mit Schlaufe	nicht definierbar
5	Pustevorrichtung		1
6	Federkatapult	 Feder auf Druck Feder auf Zug	3

2

Abbildung 21: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 1 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)



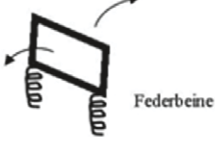
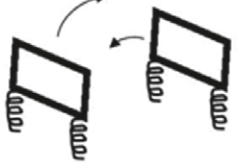

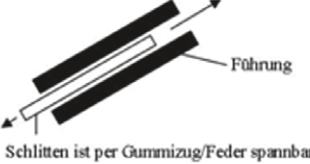
Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
7	Kanone mit Feder	 Feder im inneren	4
8	Wippe	 feste Verbindung	2
9	Rohrschleuder	 Teil wird aus Rohr geschleudert	1
10	Gummispannkata-pult	 Gummi auf Zug	3
11	Federwippe	 Feder auf Druck/Zug	3
12	Fantasieobjekt	?	nicht definierbar

3

Abbildung 22: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 2 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)


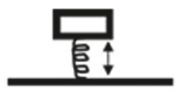




Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
13	Schleuderkatapult	 Spannkraft des Materials	2
14	Federschleuder	 Mit Feder wird geschleudert	2
15	Federbeinschleuder	 Federbeine	2
16	Doppelfederbein-schleuder		2
17	Motorkatapult	 Motor erzeugt Schleuderkraft	4
18	Abschussschlitten	 Führung Schlitten ist per Gummizug/Feder spannbar	4

4

Abbildung 23: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 3 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)







Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
19	Katapult mit Gegengewicht		3
20	Federschleudersitz		3
21	Schleuderkatapult mit Feder		3
22	Wurfrad		2
23	Schaukel		2
24	Elastische Leiste		1

5

Abbildung 24: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 4 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)

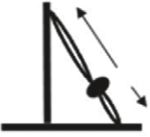
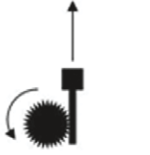


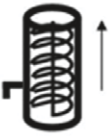

Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
25	Trampolin		2
26	Förderband		3
27	Kran		nicht definierbar
28	Katapult mit Seilzug		4
29	Katapult mit Getriebe		4
30	Hebeschleuder		3

6

Abbildung 25: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 5 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)

Gummibärchenwurfmaschine - Wirkmechanismen

Nummer	Name	Bild/Beschreibung	Schwierigkeitsgrad
31	Gummiseilschleudersitz		4
32	Schleudersitz mit Zahnradantrieb		nicht definierbar
33	Armbrust		4
34	Kanone		nicht definierbar
35	Förderschnecke		nicht definierbar
36	Leiter		nicht definierbar

7

Abbildung 26: Übersicht über die technischen Wirkmechanismen Blatt 6 (grafische Gestaltung: Lukas Finke, 2013)

Anhang 3.11: Items im Subtest Aktuelle Motivation

Nr.	Komponente	Items des FAM (Rheinberg et al., 2001)	Übersetzte und umformulierte Items des Subtests Zuversicht
1	I	Ich mag solche Rätsel und Knobelien. (I)	Ich mag solche technischen Aufgaben.
2	E	Ich glaube, der Schwierigkeit der Aufgabe gewachsen zu sein.	Ich glaube, diese Aufgabe kann ich gut lösen.
3	I	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Erfinders.
4	M	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.
5	H	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe fest anzustrengen.
6	M	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.
7	E	Ich glaube, das kann jeder schaffen.	Ich glaube, das kann jeder schaffen.
8	H	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.
9	M	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.
10	I	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.
		Antwortformat: Siebenstufige Likert-Skala 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft zu)	Antwortformat: fünfstufige Likert-Skala 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu)
Anmerkungen. Die Komponenten der aktuellen Motivation sind I: Interesse, E: Erfolgswahrscheinlichkeit, H: Herausforderung und M: Misserfolgsbefürchtung.			

Tabelle 52: Übersicht über die Items zur Erfassung der aktuellen Motivation

Anhang 3.12: Ausschnitt aus dem Beobachtungsbogen (Jeretin-Kopf, 2013): Problemkarte

Schule:	Gruppe:	Datum:
---------	---------	--------

Erste Bauphase
Name des Betreuers/ der Betreuerin: _____

Schüler nr.	Problem	Problemlösung	Schüler nr.

Abbildung 27: Beobachtungsbogen: Problemkarte

Anhang 3.13: Items im Subtest Kreatives Verhalten

Nr.	Persönlichkeitsaspekte	Skala			
		gering ausgeprägt 1	2	3	stark ausgeprägt 4
1	Ausdauer Arbeitet konzentriert an seinen Vorhaben, ist nicht gleich mit Ergebnissen zufrieden, bricht Handlungen nicht ab				
2	Originalität Sucht nach ungewöhnlichen Lösungen, variiert und verändert vorhandene Lösungsansätze				
3	Zielstrebigkeit Ideen werden zielstrebig umgesetzt, Handlungen sinnvoll und zielgerichtet				
4	Geistige Wendigkeit, Flexibilität Alternative Lösungen werden gesucht				
5	Interesse für das Geschehen in der Gruppe Verfolgt aufmerksam, was andere machen				
6	Aktive Beteiligung an der Problemlösung anderer Bringt Vorschläge, Anmerkungen, Fragen zu der Arbeit der Mitschüler				

Tabelle 53: Fragebogen für die Betreuerinnen und Betreuer zur Erfassung des kreativen Verhaltens

Anhang 3.14: Berechnung der internen Konsistenz der Subtests (Hauptuntersuchung)

Zieldimension	Name des Subtests	Anzahl der Items	α
Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik	Aktuelle Motivation	10	.552 (.698 bei Entfernen von Misserfolgsbefürchtung und „kann jeder“)
Denken und Vorgehen im Umgang mit technischen Sachverhalten	Problemlösefähigkeit	34	.729
Technische Kreativität	Kreatives Verhalten	6	.747

Anmerkung. α = Cronbachs Alpha (interne Konsistenz).

Tabelle 54: Berechnung der Reliabilität (Hauptuntersuchung)

Anhang 3.15: Items im Subtest Aktuelle Motivation. Berechnung der Item-Skala Korrelation

Skala	Item	N	r	Signifikanz
Interesse	Ich mag solche technischen Aufgaben.	223	.681	.000
	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Erfinders.	223	.795	.000
	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	223	.810	.000
Erfolgswahrscheinlichkeit	Ich glaube, diese Aufgabe kann ich gut lösen.	225	.693	.000
	Ich glaube, das kann jeder schaffen.	225	.740	.000
Herausforderung	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe fest anzustrengen.	224	.808	.000
	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	224	.821	.000
Misserfolgsbefürchtung	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	217	.669	.000
	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	217	.724	.000
	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	217	.726	.000

Anmerkungen. r = Korrelationskoeffizient nach Pearson.

Tabelle 55: Subtest Aktuelle Motivation: Berechnung der Item-Skala Korrelation

Anhang 3.16: Berechnung der Summenvariablen (Vorerhebung)

Anhang 3.16a: Zieldimension „Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik“

Die Items der einzelnen Subtests wurden zu Summenvariablen zusammengefasst. Die Übersicht in Tabelle 56 stellt die Bildung der Summenvariablen dar.

Summenvariable Motivationale und emotionale Aspekte	Anzahl der Items	Kodierung	Berechneter Wert	Skalen- niveau
Zuversicht	6	1 = stimmt nie 2 = stimmt manchmal 3 = stimmt immer	Summe der Itemwerte	ordinal
Wertungen und Einstellungen	4	1 = stimmt überhaupt nicht 2 = stimmt eher nicht 3 = stimmt nur manchmal 4 = stimmt genau	Summe der Itemwerte	ordinal
Interesse für technische Tätigkeiten	3	1 = nein 2 = vielleicht 3 = ja	Summe der Itemwerte	ordinal
Interesse für Berufe	15	0 = diesen Beruf kenne ich nicht 1 = überhaupt nicht interessant 2 = interessant 3 = sehr interessant	Summe der Itemwerte	ordinal

Anmerkungen. Der Name der Summenvariablen ist identisch mit dem Namen des Subtests. Angegeben ist die Kodierung, welche in die Berechnung mit SPSS einging.

Tabelle 56: Summenvariable Motivationale und emotionale Aspekte im Umgang mit Technik. Vorerhebung

Eine ordinalskalierte Summenvariable Motivationale und emotionale Aspekte wurde erstellt, indem die Werte der Summenvariablen Zuversicht, Wertungen und Einstellungen, Interesse für technische Tätigkeiten und Interesse für technische Berufe summiert wurden.

Anhang 3.16b: Zieldimension „Technisches Wissen“

Auch hier wurden mit Hilfe der Variablen aus dem Bereich Vorerfahrungen zunächst Summenvariablen gebildet, welche die Vorerfahrungen mit Werkzeugen, Maschinen und Spielen erfassen sollen. Tabelle 57 gibt eine Übersicht über die Bildung der Summenvariablen.

Summenvariable Motivationale und emotionale Aspekte	Anzahl der Items	Kodierung	Berechneter Wert	Skalen- niveau
Vorerfahrungen mit Werkzeugen	11	1 = noch nie 2 = 1-3 mal 3 = mehr als 3-mal	Summe der Item- werte	ordinal
Vorerfahrungen mit Maschinen	11	1 = noch nie 2 = 1-3 mal 3 = mehr als 3-mal	Summe der Item- werte	ordinal
Vorerfahrungen mit Spielen	7	1 = noch nie 2 = 1-3mal 3 = mehr als 3-mal	Summe der Item- werte	ordinal
Anmerkungen. Der Name der Summenvariablen ist identisch mit dem Namen des Subtests. Angabe ist die Kodierung, welche in die Berechnung mit SPSS einging.				

Tabelle 57: Summenvariable Vorerfahrungen (Vorerhebung)

Eine ordinalskalierte Summenvariable *Vorerfahrungen* wurde gebildet, indem die Werte der Summenvariablen *Vorerfahrungen Werkzeuge*, *Vorerfahrungen Maschinen* und *Vorerfahrungen Spiele* summiert wurden.

Anhang 3.16c: Zieldimension „Übergreifende Basiskompetenzen“

Das Messinstrument zur Erfassung des *Schlussfolgernden Denkens* bestand aus 15 Items, deren Antworten entweder als richtig (1) oder falsch (0) kodiert wurden. Die einzelnen dichotomen Variablen wurden zu der Summenvariablen *Schlussfolgerndes Denken* summiert. Die Summenvariable *Schlussfolgerndes Denken* gibt die Anzahl der richtigen Antworten an und ist somit ordinal.

Klassierung der Summenvariablen

Die Variablen *Motivationale und emotionale Aspekte*, *Schlussfolgerndes Denken* und *Vorerfahrungen* wurden zusätzlich durch visuelles Klassieren so transformiert, dass durch 4 Trennwerte gleiche Perzentile auf der Grundlage der durchsuchten Fälle gebildet wurden. So entstanden 5 Perzentile, die eine Breite von 20% der Fälle abdeckten. Das Skalenniveau der klassierten Summenvariablen ist ordinal. Die klassierten Variablen haben die Bezeichnungen *Motivationale und emotionale Aspekte (klassiert)*, *Schlussfolgerndes Denken (klassiert)* und *Vorerfahrungen (klassiert)*.

Skalenniveau der Summenvariablen

Das Skalenniveau der Summenvariablen ist ordinal. Es stellt sich die Frage, ob man bei den Summenvariablen, die auf Ratingskalen basieren, das Intervallskalenniveau annehmen kann.

Bei den Summenvariablen *Motivationale und emotionale Aspekte* und *Vorerfahrungen* wurde die Gesamtpunktzahl eines Probanden durch die Addition der bei den einzelnen Items der Skala erzielten Punktwerte berechnet. Ob die Likert-Skala, welche eigentlich ordinalskaliert ist, als Intervallskala behandelt werden kann, wird in der Forschung diskutiert (Benninghaus, 1990, S. 6; Stier, 1999, S. 84). Benninghaus betrachtet es als sinnvoll, Intervallskalenniveau anzunehmen, wenn die Ordinalskalen über viele Kategorien verfügen (vgl. Benninghaus, 1990, S. 23). Allerdings stellt er fest, dass dies bei Skalen mit wenig Kategorien oder asymmetrischen Verteilungen problematisch wäre (vgl. Benninghaus, 1990, S. 23). Die Annahme eines Intervallskalenniveaus sei dann gerechtfertigt, so Benninghaus, wenn sich „die erlangten Ergebnisse widerspruchsfrei in einen weiteren theoretischen Kontext einordnen lassen“ (Benninghaus, 1990, S. 24). Backhaus et al. sehen ebenfalls die Annahme des intervallskalierten Niveaus bei Ratingskalen als gerechtfertigt an (vgl. Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2006, S. 6). Diese Praxis wird vor allem in der sozialwissenschaftlichen Forschung häufig angewandt (vgl. Altobelli, 2007, S. 175; Benninghaus, 1990).

Das Intervallskalenniveau erlaubt Rechenverfahren, welche bei gegebener Normalverteilung der Daten Aussagen über Zusammenhänge zwischen den Variablen erlauben. Da allerdings das Intervallskalenniveau lediglich angenommen wird und nicht tatsächlich vorhanden ist, können die Ergebnisse der Rechenverfahren lediglich als Interpretationshilfe und nicht als Beweis eines kausalen Zusammenhangs dienen.

Anhang 3.17: Übersicht über die Variablen der Hauptuntersuchung

Summenvariable Motivationale und emotionale Aspekte	Anzahl der Items	Kodierung	Berechneter Wert	Skalenniveau
Interesse	3	1 = trifft nicht zu 2 3 4 5 = trifft zu	Summe der Itemwerte	ordinal
Erfolgswahr- scheinlichkeit	2	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal
Herausforderung	2	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal
Misserfolgs- befürchtung	3	dto.	Summe der Itemwerte	ordinal

Tabelle 58: Summenvariable Aktuelle Motivation (Hauptuntersuchung)

Variable	Kodierung	Skalenniveau
Wirkmechanismen der Entwürfe	siehe Liste Wirkmechanismen	nominal
Schwierigkeitsgrad der Konstruktion im Entwurf	0 = nicht definierbar 1 = Material erfüllt Funktion 2 = einfache Konstruktion 3 = aufwändigere Konstruktion 4 = einfallsreiche Konstruktion	ordinal
Konstruktionsansatz für weitere Wirkmechanismen im Entwurf	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Konstruktionsansatz der Befestigungen und Verbindungen im Entwurf	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Konstruktionsansatz für weitere Mechanismen im Entwurf	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden 2 = zwei Mal vorhanden	nominal
Übereinstimmung von Entwurf und Objekt	0 = nicht übereinstimmen 1 = übereinstimmend	nominal

Wirkmechanismen der Objekte	siehe Liste Wirkmechanismen	nominal
Schwierigkeitsgrad der Konstruktion des Objekts	0 = nicht definierbar 1 = Material erfüllt Funktion 2 = einfache Konstruktion 3 = aufwändigere Konstruktion 4 = einfallsreiche Konstruktion	ordinal
Funktionalität des Objekts	0 = mangelhaft: Die Gummi- bärchenwurfmaschine funktionierte nicht 1 = befriedigend: das Gummi- bärchen flog bis zu einen Meter weit oder hoch. 2 = gut: das Gummibärchen flog bis zu zwei Meter weit oder hoch. 3 = sehr gut: das Gummibärchen flog mehr als zwei Meter weit oder hoch.	ordinal

Tabelle 59: Variablen zur Erfassung der Eigenschaften der Entwürfe und Objekte (Hauptuntersuchung)

Die Fähigkeit, Probleme bereits im Vorfeld zu erkennen, ist ein Merkmal der Problemlösefähigkeit, welche in der Planungsphase erhoben wurde. Es wurde der Frage nachgegangen, welche technischen Sachverhalte bereits in der Planungsphase, beim Betrachten der Entwürfe, das Interesse der Kinder wecken. Folgende Variablen wurden definiert:

Variable	Kodierung	Skalenniveau
Zum Entwurf gegebene Kommentare	Anzahl	metrisch
Zum Entwurf erhaltene Kommentare	Anzahl	metrisch
Anmerkung oder Frage zum Wirkmechanismus des Entwurfs	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zum Objekt	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zur Befestigung	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zu Material des Entwurfs	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zu Bearbeitung des Entwurfs	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zu Stabilität des Entwurfs	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal

Anmerkung oder Frage zu Arbeit am Entwurf mit Maschinen	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal
Anmerkung oder Frage zu sonstigen Aspekten des Entwurfs	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	nominal

Tabelle 60: Variablen zur Erfassung der Problemlösefähigkeit während der Planungsphase

Die Fähigkeit der Kinder, Probleme zu erkennen und sie zu lösen, wurde auch während der Bauphase erhoben.

Folgende Variablen dieser latenten Merkmale wurden definiert:

Variable	Kodierung	Skalenniveau
Problemlösefähigkeit in Bezug auf die Anzahl der Probleme	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf die Stabilität	Anzahl	metrisch
PK Material	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf die Befestigung	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf die Bearbeitung	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf den Wirkmechanismus	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf die Arbeit mit Werkzeug und Maschinen	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf organisatorische Probleme	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit in Bezug auf sonstige Probleme	Anzahl	metrisch
Problemlösefähigkeit gemessen an der Anzahl selbst gelöster Probleme	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch Konstruktionsänderung	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch alternative Materialien	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch alternative Befestigungen	Anzahl	metrisch

Problemlösung durch die Bearbeitung des Materials	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch sinnvollen Werkzeuggebrauch	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch die Hilfe der Betreuerin/ des Betreuers	Anzahl	metrisch
Problemlösung durch eine alternative Organisation	Anzahl	metrisch

Anmerkungen. Die Variablen zur Problemlösefähigkeit erfassen die Anzahl und die Art der Probleme, welche von den Kindern erkannt wurden. Die Problemlösungs-Variablen erfassen die Art der Problemlösung, welche von den Kindern gewählt wurde. Die Summenvariable Problemlösen wurde durch die Summe der Variablen zur Problemlösefähigkeit und zur Problemlösung und berechnet. Das Skalenniveau dieser Variable ist metrisch.

Tabelle 61: Summenvariable Problemlösen während der ersten und zweiten Bauphase - Variablen zur Erfassung der Problemlösefähigkeit und der Problemlösung

Anzahl der Items	Kodierung	Skalenniveau
6	1 = gering ausgeprägt 2 3 4 = stark ausgeprägt	ordinal

Tabelle 62: Summenvariable Kreatives Verhalten. Hauptuntersuchung

Anhang 3.18: Ergebnisse der Vorerhebung

Verarbeitete Fälle						
Variable	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Geschlecht	238	96.7	8	3.3	246	100.0
Alter	238	96.7	8	3.3	24	100.0
Geschlecht	N		Mdn		Spannweite	
männlich	125		13.0000		11.00	
weiblich	113		12.0000		27.00	
Insgesamt	238		12.0000		27.00	
Alter	N		Mdn		Spannweite	
8.00	82		12.0000		27.00	
9.00	116		12.0000		11.00	
10.00	40		13.0000		10.00	
Insgesamt	238		12.0000		27.00	

Anmerkung. Mdn = Median.

Tabelle 63: Zuversicht – Vergleich der Mediane nach Geschlecht und Alter

Verarbeitete Fälle						
Variable	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Geschlecht	240	97.6	6	2.4	246	100.0
Alter	240	97.6	6	2.4	246	100.0
Geschlecht	N		Mdn		Spannweite	
männlich	126		14.0000		7.00	
weiblich	114		14.0000		7.00	
Insgesamt	240		14.0000		7.00	

Alter	N	Mdn	Spannweite
8.00	83	14.0000	7.00
9.00	115	14.0000	7.00
10.00	42	14.0000	6.00
Insgesamt	240	14.0000	7.00

Tabelle 64: Wertungen und Einstellungen – Vergleich der Mediane nach Geschlecht und Alter

Verarbeitete Fälle						
Variable	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Geschlecht	241	98.0	5	2.0	246	100.0
Alter	241	98.0	5	2.0	246	100.0

Geschlecht	N	Mdn	Spannweite
männlich	127	7.0000	5.00
weiblich	114	7.0000	6.00
Insgesamt	241	7.0000	6.00

Alter	N	Mdn	Spannweite
8.00	83	7.0000	6.00
9.00	116	7.0000	6.00
10.00	42	7.0000	6.00
Insgesamt	241	7.0000	6.00

Tabelle 65: Interesse für technische Tätigkeiten – Vergleich der Mediane nach Geschlecht und Alter

Verarbeitete Fälle						
Variable	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Geschlecht	210	85,4	36	14,6	246	100,0
Alter	210	85,4	36	14,6	246	100,0
Geschlecht	N		Mdn		Spannweite	
männlich	115		27,0000		47,00	
weiblich	95		29,0000		28,00	
Insgesamt	210		27,0000		48,00	
Alter	N		Mdn		Spannweite	
8.00	69		27,0000		31,00	
9.00	104		27,0000		28,00	
10.00	37		30,0000		45,00	
Insgesamt	210		27,0000		48,00	

Tabelle 66: Interesse für Berufe mit technischem Bezug – Vergleich der Mediane nach Geschlecht und Alter

Verarbeitete Fälle						
Variable	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Geschlecht	185	75,2	61	24,8	246	100,0
Alter	185	75,2	61	24,8	246	100,0
Alter	N		Mdn		Spannweite	
8.00	71		14,0000		13,00	
9.00	81		14,0000		9,00	
10.00	33		14,0000		8,00	
Insgesamt	185		14,0000		13,00	

Geschlecht	N	Mdn	Spannweite
männlich	93	13,0000	13,00
weiblich	92	14,0000	9,00
Insgesamt	185	14,0000	13,00

Tabelle 67: Schlussfolgerndes Denken – Vergleich der Mediane nach Geschlecht und Alter

Ränge				
Variable	Geschlecht	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Affektiver Bereich	Männlich	107	103,71	11096,50
	Weiblich	92	95,69	8803,50
	Gesamt	199	---	---
Schlussfolgerndes Denken	Männlich	93	88,03	8186,50
	Weiblich	92	98,03	9018,50
	Gesamt	185		
Vorerfahrungen	Männlich	109	116,63	12713,00
	Weiblich	94	85,03	7993,00
	Gesamt	203	---	---

Gruppenvariable	Affektiver Bereich	Schlussfolgerndes Denken	Vorerfahrungen
U	4525,500	3815,500	3528,000
Wilcoxon-W	8803,500	8186,500	7993,000
Z - Score	-.980	-1,284	-3,824
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.327	.199	.000

Anmerkungen. U = Mann-Whitney-Test; Wilcoxon-W = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

Tabelle 68: Zieldimensionen Voruntersuchung – Mann-Whitney-Test und Vergleich nach Geschlecht

Anhang 3.19: Test der Homogenität der Varianzen für Kontrollvariablen

Test der Homogenität der Varianzen						
Variable	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz		
Motivationale und emotionale Aspekte	.026	3	195	.994		
Schlussfolgerndes Denken	.578	3	181	.630		
Vorerfahrungen	.700	3	199	.553		

Einfaktorielle ANOVA						
Variable	Gruppenvergleich	Quadratsumme	df	MS	F	Signifikanz
Motivationale und emotionale Aspekte	Zwischen den Gruppen	549.643	3	183.214	2.053	.108
	Innerhalb der Gruppen	17402.156	195	89.242	---	---
	Gesamt	17951.799	198	---	---	---
Schlussfolgerndes Denken	Zwischen den Gruppen	60.109	3	20.036	4.013	.009
	Innerhalb der Gruppen	903.654	181	4.993	---	---
	Gesamt	963.762	184	---	---	---
Vorerfahrungen	Zwischen den Gruppen	708.622	3	236.207	2.493	.061
	Innerhalb der Gruppen	18854.028	199	94.744	---	---
	Gesamt	19562.650	202	---	---	---

Tabelle 69: Kontrollvariablen. Analyse der Materialsystemgruppen – Homogenitätstest und einfaktorielle ANOVA

Anhang 3.20: Vergleich der Materialsystemgruppen im Hinblick auf Kontrollvariablen

Variable	Ränge		
	Materialsystem	N	Mittlerer Rang
Motivationale und emotionale Aspekte	UMT	45	87.64
	Lego	40	111.99
	Fischertechnik	48	92.69
	Baumarkt	66	106.48
	Gesamt	199	
Schlussfolgerndes Denken	UMT	40	75.43
	Lego	38	89.64
	Fischertechnik	41	115.54
	Baumarkt	66	91.58
	Gesamt	185	
Vorerfahrungen	UMT	50	83.31
	Lego	46	107.50
	Fischertechnik	44	106.66
	Baumarkt	63	109.56
	Gesamt	203	---

Statistik für Test ^{a,b}			
	Affektiver Bereich	Schlussfolgerndes Denken	Vorerfahrungen
χ^2	5.423	12.021	6.794
df	3	3	3
Asymptotische Signifikanz	.143	.007	.079

Anmerkungen. a = Kruskal-Wallis-Test; b = Gruppenvariable Materialsystem.

Tabelle 70: Kontrollvariablen. Vergleich der Materialsystemgruppen – Kruskal-Wallis-Test

Anhang 4: Verlaufspläne, Fragebögen und ergänzende Tabellen

Anhang 4.1: Verlaufspläne der Unterrichtseinheiten

1. Unterrichtseinheit: Fertigen eines Windrades nach Plan

Folgende Geschichte war als Einstieg in die Unterrichtseinheit vorgesehen:

Annika und Felix bauen ein Windrad

Annika und Felix sind Nachbarn. Oft spielen sie miteinander.

Felix hat in einem Bastelbuch eine Anleitung zum Bauen eines Windrads gefunden.

Er klingelt bei Annika und zeigt ihr die Anleitung.

„Das Windrad sieht ja cool aus“, ruft Annika begeistert, „komm, wir gehen in die Werkstatt und bauen es nach.“

Es dauert nicht lange, da hört man sie schon sägen und hämmern.

Die Kinder bekamen eine ausführliche Bauanleitung, in der die benötigten Materialien und die einzelnen Fertigungsschritte detailliert dargestellt wurden.

Der Verlauf der Unterrichtseinheit ist in Tabelle 72 dargestellt.

Schülerinnen und Schüler	Pädagogische Fachkraft
Schülerinnen und Schüler hören zu. Schülerinnen und Schüler äußern Vermutungen.	Begrüßung Die Geschichte „Annika und Felix lernen sich kennen“ wird vorgelesen. Fragen zu der Geschichte werden gestellt. Z. B. Wie könnte ein Windrad aussehen? Was braucht man, um ein Windrad zu bauen?
	Die Anleitung wird besprochen.
Schülerinnen und Schüler fertigen ein Windrad nach Plan.	Päd. Fachkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler.
Schülerinnen und Schüler füllen den 1. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus (Fragebogen zur aktuellen Motivation).	Pädagogische Fachkraft teilt den 1. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Pause nach ca. 1 Unterrichtsstunde (Halbzeit).	

Zweite Phase Schülerinnen und Schüler fertigen ein Windrad nach Plan.	Päd. Fachkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler.
Schülerinnen und Schüler füllen den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).	Pädagogische Fachkraft teilt den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Ende der Einheit.	Päd. Fachkraft füllt den 1. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).
	Päd. Fachkraft füllt den 2. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zum Verlauf der Unterrichtseinheit).

Tabelle 71: Verlaufspläne Fertigen nach Plan

2. Unterrichtseinheit: Durchführung der technischen Experimente zur Optimierung der Laufleistung des Windrades

Für den Einstieg in die Unterrichtseinheit war folgende Geschichte vorgesehen:

Wie schnell dreht sich das Windrad?

Annika und Felix haben sich ein Windrad gebaut.

Leider ist es draußen windstill.

Wie können sie das Windrad testen?

Annika pustet gegen das Windrad, so kräftig sie kann. Sie hat schon ganz rote Wangen.

Felix hat eine Idee: „Ich hole uns den Fön aus dem Bad. Pusten ist zu anstrengend.“

Der Fön wird angeschaltet und schon dreht sich das Windrad.

Toll, wie sich die schwarzen Rotorblätter im Kreis drehen.

Annika und Felix beobachten eine ganze Weile das Windrad. Sie schweigen beide.

Nach einer Weile sagt Annika: „Wenn wir die Rotorblätter vergrößern, dann wird sich das Windrad noch schneller drehen.“

Felix sagt: „Ich glaube, das Windrad wird schneller, wenn wir die Rotorblätter näher an die Drehachse versetzen.“

Folgende drei Leitfragen sollten den Kindern helfen, die für die Beantwortung der Frage erforderlichen Experimente zu planen:

- Was glaubt ihr, liebe Kinder, wer hat Recht?
- Was müsst ihr tun, damit ihr herausfindet, ob Annika Recht hat?
- Was müsst ihr tun, damit ihr herausfindet, ob Felix Recht hat?

Damit die Kinder die Drehgeschwindigkeit des Windrades messen konnten, bekamen sie eine Anleitung mit folgendem Text:

Tipp: So kann man messen, wie schnell sich das Windrad an der Drehachse dreht:

- An der Drehachse befindet sich eine Bohrung.
- Schneide dir ein 2 Meter langes Stück Schnur ab.
- Befestige die Schnur mit einem Ende an der Bohrung.
- Lasse das andere Ende der Schnur über die blaue Riemenscheibe hängen.
- Stelle das Windrad so an die Tischkante, dass die Schnur locker zu Boden fällt.
- Richte dir eine Uhr mit Sekundenanzeige.
- Schalte den Fön an.
- Zähle 10 Sekunden.
- Halte das Windrad nach genau 10 Sekunden an.
- Messe wie viel Schnur sich in den 10 Sekunden aufgewickelt hat.
- Trage die Werte in die Tabelle ein.
- Wiederhole die Messung mindestens dreimal.

Für die Dokumentation der Werte bekamen die Kinder eine Tabelle, in die sie die gemessenen Werte eintragen konnten. Für Kinder, welche die Zahlen noch nicht lesen und schreiben konnten, war es vorgesehen, dass sie die Länge der Schnur an die Tafel zeichnen und am Ende der Versuchsreihe die Länge der gezeichneten Linien vergleichen.

Die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte bekamen folgenden Verlaufspläne für diese Unterrichtseinheit (Tabelle 72).

Schülerinnen und Schüler	Pädagogische Fachkraft
Schülerinnen und Schüler hören zu, beantworten die Fragen zu der Geschichte	Begrüßung Die Geschichte „Wie schnell dreht sich das Windrad“ wird vorgelesen. Fragen zu der Geschichte werden gestellt.
Schülerinnen und Schüler äußern Vermutungen. Schülerinnen und Schüler schlagen Versuchsaufbau vor: größere Rotorblätter an die Windräder montieren. Mögliche Vorschläge: Die Zahl der Umdrehungen messen Geschwindigkeit messen ...	„Was glaubt ihr, wer hat Recht?“ Was glaubt ihr, warum könnte Annika Recht haben / nicht Recht haben? Was müssten wir tun, um herauszufinden, ob Annika Recht hat?
Schülerinnen und Schüler äußern Vermutungen. Schülerinnen und Schüler schlagen Versuchsaufbau vor: die Rotorblätter an die Drehachse setzen. Mögliche Vorschläge: Die Zahl der Umdrehungen messen Geschwindigkeit messen ...	Was glaubt ihr, warum könnte Felix Recht haben / nicht Recht haben? Was müssten wir tun, um herauszufinden, ob Felix Recht hat?
	„Wir wissen nun, was wir tun müssten, um herauszufinden, ob Felix und Annika mit ihren Vermutungen Recht haben. Aber wie messen wir die Geschwindigkeit?“ Tipp: So kann man messen, wie schnell sich das Windrad an der Drehachse dreht (Schülerheft S. 2)
	Tabelle zum Sammeln der Daten wird besprochen (Schülerheft S. 3). Schülergruppen werden gebildet.
Schülerinnen und Schüler führen die erste Messreihe durch. Das Windrad, welches sie nach der Anleitung gebaut haben, wird getestet.	Päd. Fachkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler.
	Besprechung der Ergebnisse
Schülerinnen und Schüler füllen den 1. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus (Fragebogen zur aktuellen Motivation).	Pädagogische Fachkraft teilt den 1. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Pause nach ca. 1,5 Stunden	

Zweite Phase Schülerinnen und Schüler bauen die Windräder um und führen die zweite Messreihe durch.	Päd. Fachkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler.
Schülerinnen und Schüler bauen die Windräder um und führen die dritte Messreihe durch.	Betreuer helfen den Kindern.
Schülerinnen und Schüler füllen den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).	Pädagogische Fachkraft teilt den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Ende der Einheit.	Päd. Fachkraft füllt den 1. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).
	Päd. Fachkraft füllt den 2. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zum Verlauf der Unterrichtseinheit).

Tabelle 72: Verlaufspläne Technisches Experimentieren

3. Unterrichtseinheit: Freies Konstruieren und Fertigen einer Gummibärchenwurfmaschine

Folgende Geschichte war als Einstieg in die Unterrichtseinheit vorgesehen:

Gummibärchen für Felix

Annika will heute nach der Schule Felix besuchen.

Er ist krank und war heute nicht in der Schule.

Schade! Draußen scheint die Sonne und sie können nicht miteinander spielen.

Annika nimmt aus der Schublade eine Gummibärchentüte.

Schon steht sie vor dem Haus in dem Felix wohnt.

Felix schaut aus dem Fenster. „Hallo Annika“, ruft er erfreut.

„Hallo Felix, bist du nicht krank?“ sagt Annika etwas verwundert.

„Ja, schon. Ich darf nicht raus. Und du darfst nicht zu mir hoch. Ich habe Windpocken. Die sind ansteckend. Aber sonst geht es mir gut. Es ist nur sooo langweilig hier,“ stöhnt Felix.

„Ich habe dir Gummibärchen mitgebracht“, sagt Annika. Aber wie kommen sie zu dir, wenn ich nicht zu dir kann?“ überlegt Annika laut. Felix Zimmer ist nämlich im ersten Stock.

„Hmm, Gummibärchen“, freut sich Felix.

Und bevor er noch was sagen, kann ruft Annika schon laut: „Ich habe schon eine Idee. Ich baue uns eine Gummibärchenwurfmaschine.“
Schon ist sie weg.
Aber zum Glück muss Felix nicht lange warten.

Der Verlauf der Unterrichtseinheit ist in Tabelle 73 dargestellt.

Schülerinnen und Schüler	Pädagogische Fachkraft
Schülerinnen und Schüler hören zu, beantworten die Fragen zu der Geschichte	Begrüßung Die Geschichte „Gummibärchen für Felix“ wird vorgelesen. Fragen zu der Geschichte werden gestellt.
Schülerinnen und Schüler begutachten die Materialien und Werkzeuge, stellen Fragen, antworten auf die Fragen zu den Materialeigenschaften und Werkzeugen.	„Auch Ihr könnt eine Gummibärchenwurfmaschine bauen. Schauen wir uns die Materialien an, die uns zur Verfügung stehen.“ Betreuer leitet das Gespräch über die Materialien und Werkzeuge.
Schülerinnen und Schüler stellen nacheinander ihre Entwürfe der Gruppe vor.	Betreuer fordert die Kinder auf ihre Entwürfe kurz vorzustellen. Die Entwürfe werden an die Tafel geheftet.
Schülerinnen und Schüler bilden um die Entwürfe an der Tafel einen Stehkreis. Schülerinnen und Schüler stellen sich gegenseitig Fragen und beantworten sie.	Betreuer fordert die Kinder auf, Fragen zu den Entwürfen zu stellen.
	„Jetzt dürft ihr eure eigene Wurfmaschine bauen. Ihr könnt die Maschine bauen, die ihr geplant habt, oder euch eine neue überlegen.“ Gruppen werden gebildet.
Erste Bauphase Schülerinnen und Schüler beginnen mit dem Bau der Wurfmaschinen.	Betreuer helfen den Kindern (Materialausgabe, Zuhören, Nachfragen, Arbeit mit Werkzeugen).
Schülerinnen und Schüler füllen den 1. Schülerfragebogen aus (Fragebogen zur aktuellen Motivation).	Pädagogische Fachkraft teilt den 1. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Pause nach ca. 1,5 Stunden	

Zweite Bauphase Schülerinnen und Schüler dürfen jederzeit die Leistung ihrer Maschine testen (Gummibärchen stehen zur Verfügung).	Betreuer helfen den Kindern (Materialausgabe, Zuhören, Nachfragen, Arbeit mit Werkzeugen).
Schülerinnen und Schüler füllen den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).	Pädagogische Fachkraft teilt den 2. Schülerinnen- und Schülerfragebogen aus. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern werden die Fragestellungen besprochen und Fragen geklärt. Ggf. bekommen Schülerinnen und Schüler Hilfe beim Ausfüllen des Fragebogens.
Ende der Einheit.	Päd. Fachkraft füllt den 1. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zu Handlungsweisen).
	Päd. Fachkraft füllt den 2. Fragebogen für päd. Fachkräfte aus (Fragebogen zum Verlauf der Unterrichtseinheit).

Tabelle 73: Verlaufsplan Freies Konstruieren und Fertigen

Anhang 4.2: Fragebögen und ergänzende Tabellen

Anhang 4.2.1:

Antwortbogen zur Einschätzung der technischen Denk- und Handlungsweisen der Kinder aus Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Bei dieser Methode hatten die Schüler die Gelegenheit:	Nein	Ja			
		Falls die Frage mit ja beantwortet wurde: Bitte den Anteil der Schüler ankreuzen, welcher dies sehr gut bewältigen konnte.			
		bis zu 25% der Klasse	bis zu 50% der Klasse	bis zu 75% der Klasse	bis zu 100% der Klasse
eigene Ideen zu entwickeln					
eigene Ideen darzustellen					
eigene Ideen zu kommunizieren					
eigene Ideen umzusetzen					
vorgegebenen Arbeitsanweisungen zu folgen					
technische Verfahren (bohren, sägen, schrauben, biegen ...) anzuwenden					
die Funktionstüchtigkeit der Maschine zu überprüfen (messen, beobachten und vergleichen; z. B. wie weit etwas fliegt, wie viel Schnur sich aufwickelt)					

Tabelle 74: Fragebogen Technische Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der pädagogischen Fach- und Lehrkräfte

Anhang 4.2.2: Berechnung der Reliabilität

Skala	Item	N	r	Signifikanz
Interesse				
Fertigen nach Plan	Ich mag solche technischen Aufgaben.	316	.783	.000
	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	316	.900	.000
Technisches Experimentieren	Ich mag solche technischen Aufgaben.	244	.759	.000
	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	244	.880	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Ich mag solche technischen Aufgaben.	171	.805	.000
	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	171	.877	.000
Erfolgswahrscheinlichkeit				
Fertigen nach Plan	Ich glaube, diese Aufgabe kann ich gut lösen.	313	.776	.000
	Ich glaube, das kann jeder schaffen.	313	.833	.000
Technisches Experimentieren	Ich glaube, diese Aufgabe kann ich gut lösen.	241	.649	.000
	Ich glaube, das kann jeder schaffen.	241	.832	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Ich glaube, diese Aufgabe kann ich gut lösen.	170	.806	.000
	Ich glaube, das kann jeder schaffen.	170	.836	.000
Herausforderung				
Fertigen nach Plan	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe fest anzustrengen.	312	.828	.000
	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	312	.828	.000
Technisches Experimentieren	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe fest anzustrengen.	243	.826	.000
	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	243	.822	.000

Freies Konstruieren und Fertigen	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe fest anzustrengen.	173	.833	.000
	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	173	.831	.000
Misserfolgsbefürchtung				
Fertigen nach Plan	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	311	.784	.000
	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	311	.793	.000
	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	311	.789	.000
Technisches Experimentieren	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	238	.804	.000
	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	238	.726	.000
	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	238	.766	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.	170	.734	.000
	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	170	.798	.000
	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.	170	.745	.000

Tabelle 75: Fragebogen Aktuelle Motivation aus Sicht der Schülerinnen und Schüler (Berechnung der Item-Skala-Korrelation)

Skala	Item	N	r	Signifikanz
Vorgegebenen Anweisungen folgen				
Fertigen nach Plan	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich die Bauanleitung lesen.	280	.707	.000
	Ich musste prüfen, ob ich alle Schritte der Bauanleitung richtig gemacht habe.	280	.848	.000
Technisches Experimentieren	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich die Bauanleitung lesen.	229	.824	.000
	Ich musste prüfen, ob ich alle Schritte der Bauanleitung richtig gemacht habe.	229	.828	.000

Freies Konstruieren und Fertigen	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich die Bauanleitung lesen.	169	.838	.000
	Ich musste prüfen, ob ich alle Schritte der Bauanleitung richtig gemacht habe.	169	.862	.000
Eigene Ideen entwickeln				
Fertigen nach Plan	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	283	.752	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	283	.685	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	283	.750	.000
Technisches Experimentieren	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	230	.724	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	230	.281	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	230	.852	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	172	.581	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	172	.594	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	172	.731	.000
Eigene Ideen entwickeln				
Fertigen nach Plan	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	283	.752	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	283	.685	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	283	.750	.000
Technisches Experimentieren	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	230	.724	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	230	.281	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	230	.852	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Um die Aufgabe zu erledigen, musste ich mir selbst etwas ausdenken.	172	.581	.000
	Zuerst habe ich mir eine Skizze gezeichnet.	172	.594	.000
	Ich konnte mit anderen über meine Ideen reden.	172	.731	.000

Funktionsstüchtigkeit prüfen				
Fertigen nach Plan	Um die Aufgabe gut zu lösen, musste ich zuerst schauen, welche Materialien sich dafür eignen würden.	285	.801	.000
	Ich habe überprüft, ob das was ich gebaut habe, auch richtig funktioniert.	285	.601	.000
Technisches Experimentieren	Um die Aufgabe gut zu lösen, musste ich zuerst schauen, welche Materialien sich dafür eignen würden.	229	.833	.000
	Ich habe überprüft, ob das was ich gebaut habe, auch richtig funktioniert.	229	.617	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Um die Aufgabe gut zu lösen, musste ich zuerst schauen, welche Materialien sich dafür eignen würden.	172	.808	.000
	Ich habe überprüft, ob das was ich gebaut habe, auch richtig funktioniert.	172	.621	.000
Ideen zur Steigerung der Funktionsstüchtigkeit umsetzen (Maschine optimieren)				
Fertigen nach Plan	Ich hatte Ideen, was ich noch verbessern könnte, damit meine Maschine besser funktioniert.	285	.879	.000
	Ich habe meine Maschine umgebaut, damit sie besser funktioniert.	285	.840	.000
Technisches Experimentieren	Ich hatte Ideen, was ich noch verbessern könnte, damit meine Maschine besser funktioniert.	238	.827	.000
	Ich habe meine Maschine umgebaut, damit sie besser funktioniert.	283	.857	.000
Freies Konstruieren und Fertigen	Ich hatte Ideen, was ich noch verbessern könnte, damit meine Maschine besser funktioniert.	171	.868	.000
	Ich habe meine Maschine umgebaut, damit sie besser funktioniert.	171	.884	.000

Tabelle 76: Fragebogen Denk- und Handlungsweisen aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler (Berechnung der Item-Skala-Korrelation)

Anhang 4.2.3: Ergänzende Ergebnistabellen

Item	N	Cochran-Test	df	Asymptotische Signifikanz
Eigene Ideen entwickeln	20	26,333	2	.000
Eigene Ideen darstellen	20	32,316	2	.000
Eigene Ideen kommunizieren	19	20,588	2	.000
Eigene Ideen umsetzen	20	26,526	2	.000
Vorgegebenen Arbeitsanweisungen folgen	20	34,421	2	.000
Technische Verfahren anwenden	20	16,000	2	.000
Funktionsfähigkeit überprüfen	19	24,000	2	.000

Tabelle 77: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Denk- und Handlungsweisen innerhalb der verschiedenen Methoden (Cochran-Test, Messzeitpunkte)

	N	Minimum	Maximum	M	SD	Mittlerer Rang
Fertigen nach Plan	257	3,00	8,00	5,1868	,76810	2,60
Technisches Experimentieren	207	,00	7,00	1,3623	1,05625	1,05
Freies Konstruieren und Fertigen	151	,00	8,00	4,6755	1,42150	2,35
Gültige Werte (Listenweise)	100	---	---	---	---	---

Statistik für Test ^a	
N	100
χ^2	146,174
df	2
Asymptotische Signifikanz	,000

Anmerkungen. a. = Friedman-Test; χ^2 = Chi-Quadrat nach Pearson

Tabelle 78: Anwendung technischer Verfahrensweisen (Friedman-Test, Vergleich zwischen den Methoden)

Bildquellenverzeichnis

Titelfoto, Seite 30, Seite 34, Seite 73, Seite 98, Seite 106, Seite 115, Seite 131, Seite 137, Seite 157, Seite 164, Seite 249, Seite 304, Seite 310, Seite 321 © Christoph Wehrer/Stiftung Haus der kleinen Forscher

Seite 10 © KOPF&KRAGEN Fotografie/Stiftung Haus der kleinen Forscher;

Seite 14, Seite 24, Seite 26, Seite 122, Seite 137, Seite 143, Seite 169, Seite 199, Seite 207, Seite 285, Seite 290, Seite 344 © Stiftung Haus der kleinen Forscher

Seite 43 © Thinkstock

Seite 48 © markgoddard/istockphotos

Seite 54, Seite 79, Seite 270 © Thomas Ernst/Stiftung Haus der kleinen Forscher;

Seite 154, Seite 178, Seite 243 © Frank Bentert/Stiftung Haus der kleinen Forscher

Seite 324 © Gregor Eisele/Stiftung Haus der kleinen Forscher

Über die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die gemeinnützige Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ engagiert sich seit 2006 für eine bessere Bildung von Mädchen und Jungen im Kita- und Grundschulalter in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technik. Mit einem bundesweiten Fortbildungsprogramm unterstützt das „Haus der kleinen Forscher“ pädagogische Fach- und Lehrkräfte dabei, den Entdeckergeist von Kindern zu fördern und sie qualifiziert beim Forschen zu begleiten. Die Bildungsinitiative leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung von Bildungschancen, zur Nachwuchsförderung im MINT-Bereich und zur Professionalisierung des pädagogischen Personals. Partner der Stiftung sind die Helmholtz-Gemeinschaft, die Siemens Stiftung, die Dietmar Hopp Stiftung, die Deutsche Telekom Stiftung und die Autostadt in Wolfsburg. Gefördert wird sie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Mission der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Die Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ verankert die alltägliche Begegnung mit Naturwissenschaften, Mathematik und Technik dauerhaft und nachhaltig in allen Kitas und Grundschulen in Deutschland. Damit setzt sie sich für bessere Bildungschancen für Mädchen und Jungen in den genannten Bereichen ein. Die Stiftung bietet pädagogischen Fachkräften mit kontinuierlichen Fortbildungen in starken lokalen Netzwerken, mit Materialien und Ideen praxisnahe Unterstützung. Eltern und weitere Bildungspartner werden einbezogen. Das „Haus der kleinen Forscher“ weckt Begeisterung für naturwissenschaftliche Phänomene und technische Fragestellungen und trägt langfristig zur Nachwuchssicherung der entsprechenden Berufsfelder bei. Zugleich stellt das „Haus der kleinen Forscher“ die gewonnenen Erfahrungen anderen Akteuren im Ausland zur Verfügung. Deutschland positioniert sich damit als Bildungs- und Wissenschaftsstandort.

Die Langfassung der Mission findet sich unter www.haus-der-kleinen-forscher.de.

Bisher erschienen in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“

Band 1 (2011)

Dagmar Berwanger, Petra Evanschitzky, Elke Heller, Christa Preissing, Ursula Rabe-Kleberg, Franziska Schulze, Anna Spindler

Der erste Band der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher““ stellt vier wissenschaftliche Expertisen vor, die von renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Bereich der frühkindlichen Pädagogik verfasst wurden. Die vorliegenden wissenschaftlichen Beiträge reflektieren den pädagogischen Ansatz und das Multiplikatorenmodell der Stiftung vor dem Hintergrund der eigenen Zielvorstellungen, analysieren die Umsetzungspraxis in den Netzwerken und Kitas und zeigen weitere Entwicklungsmöglichkeiten auf.



Band 2 (2011)

Franziska Kramer, Ursula Rabe-Kleberg

Die Studie von Ursula Rabe-Kleberg und Franziska Kramer bildet eine logische Konsequenz und Ergänzung zur ersten Untersuchung der Autorinnen „Erzieherinnen und ihre Haltung zu Naturwissenschaft und Technik für Jungen und Mädchen“, die in Band 1 dieser Schriftenreihe veröffentlicht wurde (siehe oben). Die Autorinnen untersuchen die Gestaltung der Lernprozesse durch Erzieherinnen im Detail. Mit hoher Präzision und Sensibilität im Umgang mit den Möglichkeiten qualitativer Sozialforschung gelingt es den Autorinnen dabei, ko-konstruktive Augenblicke des gemeinsamen Lernens in Kitas einzufangen und intensiv im Hinblick auf wichtige Einflussvariablen zu reflektieren.





Band 3 (2012)

Michael Fritz, Gabriele Grieshop, Katrin Hille, Maren Lau, Martin Winter

Im dritten Band werden zwei Studien vorgestellt, die sich mit der Rolle der Bedeutung der Trainerinnen und Trainer in der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ aus jeweils unterschiedlichen Perspektiven beschäftigen: In der Studie von Maren Lau, Michael Fritz und Katrin Hille (ZNL) stehen das Rollen- und Selbstverständnis der Trainerinnen und Trainer sowie ihr subjektives Kompetenempfinden im Mittelpunkt. In der Untersuchung von Gabriele Grieshop und Martin Winter (Institut für Didaktik der Mathematik und des Sachunterrichts (IFD), Universität Vechta) wird – im Rahmen einer eher formativen Implementierungsevaluation am Beispiel Mathematik – die Beteiligung der Trainerinnen und Trainer an der Konzept- und Materialentwicklung von Angeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ betrachtet.



Band 4 (2012)

Salman Ansari, Susanna Jeschonek, Janna Pahnke, Sabina Pauen

Im Band 4 werden vier Expertisen vorgestellt, die basierend auf neusten entwicklungspsychologischen Erkenntnissen Empfehlungen für die Entwicklung weiterer naturwissenschaftlicher, technischer und mathematischer Themenschwerpunkte der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ aussprechen, auf mögliche Stolpersteine hinweisen und Vorschläge für die Praxis aufzeigen. Die Expertise von Janna Pahnke und Sabina Pauen gibt einen Überblick über die Entwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Denkens und Wissens in der frühen Kindheit und zieht Schlussfolgerungen für eine darauf aufbauende frühe Bildung in diesen Bereichen. Susanna Jeschoneks Expertisen behandeln die Entwicklung des kindlichen Verständnisses der Bereiche

„Magnetismus“ und „Akustik“ und geben Empfehlungen für die Aufbereitung von Bildungsangeboten zu diesen Themenschwerpunkten in der Praxis. In der Expertise von Salman Ansari stehen Prozesse des Lehrens und Lernens aus der Sicht der kognitiven Wissenschaften im Mittelpunkt. Ansari geht auf verschiedene Konzepte und Angebote der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ ein, spricht Empfehlungen für die Weiterentwicklung dieser Themen aus und verdeutlicht dies anhand von konkreten Beispielen für die praktische Umsetzung.

Band 5 (2013)

Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Jörg Ramseger, Beate Sodian, Mirjam Steffensky

Der fünfte Band stellt Ziele naturwissenschaftlicher Bildung für Kinder und pädagogische Fach- und Lehrkräfte sowie prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Elementar- und Primarbereich in den Fokus. Yvonne Anders, Ilonca Hardy, Sabina Pauen, Beate Sodian und Mirjam Steffensky spezifizieren in ihren Expertenpädagogisch-inhaltliche Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita- und Grundschulalter. Neben einer theoretischen Fundierung verschiedener Zielbereiche werden Instrumente für deren Messung aufgeführt. Jörg Ramseger formuliert in seiner Expertise zehn Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese prozessbezogenen Kriterien können pädagogische Fach- und Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung sowie bei der Selbstevaluation naturwissenschaftlicher Angebote im Elementar- und Primarbereich unterstützen.



Band 6 (2014)

Yvonne Anders, Itala Ballaschk, Wolfgang Tietze

Der sechste Band stellt die Ergebnisse der Studie von Yvonne Anders und Itala Ballaschk zur Untersuchung der Reliabilität und Validität des Zertifizierungsverfahrens der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ vor, mit dem sich Bildungseinrichtungen nach bestimmten Qualitätskriterien als „Haus der kleinen Forscher“ zertifizieren lassen können. Die Studie belegt das Potenzial des Verfahrens für die Messung der naturwissenschaftsbezogenen Bildungsqualität in pädagogischen Einrichtungen und zeigt Ansatzpunkte für weitere Optimierungen auf.



Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Band 7

Im Rahmen der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung ‚Haus der kleinen Forscher‘“ werden regelmäßig wissenschaftliche Beiträge von renommierten Expertinnen und Experten aus dem Bereich der frühen Bildung veröffentlicht. Diese Schriftenreihe dient einem fachlichen Dialog zwischen Stiftung, Wissenschaft und Praxis, mit dem Ziel, allen Kitas, Horten und Grundschulen in Deutschland fundierte Unterstützung für ihren frühkindlichen Bildungsauftrag zu geben.

Der vorliegende siebte Band der Reihe mit einem Geleitwort von Ortwin Renn stellt Ziele und Konzepte früher technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich in den Fokus.

Walter Kosack, Maja Jeretin-Kopf und Christian Wiesmüller spezifizieren in ihrer Expertise pädagogisch-inhaltliche Zieldimensionen früher technischer Bildung im Kita- und Grundschulalter. Neben einer theoretischen Fundierung verschiedener Zielbereiche werden Instrumente für deren Messung aufgeführt. Die Autoren stellen in zwei Berichten die Ergebnisse empirischer Studien dar. Zum einen wurde der Einfluss verschiedener technikdidaktischer Materialsysteme auf die kindliche Motivation, problemlösendes Denken und technische Kreativität, und zum anderen der Einfluss verschiedener technikdidaktischer Methoden auf die kindliche Motivation sowie technikspezifische Denk- und Handlungsweisen untersucht. Gabriele Graube und Ingelore Mammes beschreiben in ihrem Beitrag ein didaktisches Konzept zur Unterstützung des professionellen Handelns pädagogischer Fach- und Lehrkräfte bei der Begleitung kindlicher Bildungsprozesse in ihrer Auseinandersetzung mit Natur und Technik.

Das Schlusskapitel des Bands beschreibt die Umsetzung dieser wissenschaftlichen Empfehlungen in den inhaltlichen Angeboten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ und ihrer fachlichen Weiterentwicklung.

schubi

