



Frühes Technikkennen in der Grundschule



Erprobung und Evaluation eines
Interventionsprogramms zur Elektronik



Basiswissen Grundschule

Band 38

Frühes Technikkennen in der Grundschule

Erprobung und Evaluation eines
Interventionsprogramms zur Elektronik

Von

Michael Ringelberg



Schneider Verlag Hohengehren GmbH

Basiswissen Grundschule

Herausgegeben von:

Band 1 bis 18: Jürgen Bennack

Ab Band 19: Astrid Kaiser

Die Reihe „Basiswissen Grundschule“ ist einem schüler- und handlungsorientierten, offenen Unterricht verpflichtet, der auf die Stärkung einer selbstständigen, sozial verantwortlichen Schülerpersönlichkeit zielt.

Coverfoto: Hans Jürgen Kiene

Gedruckt auf umweltfreundlichem Papier (chlor- und säurefrei hergestellt).

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8340-1802-1

Schneider Verlag Hohengehren, Wilhelmstr. 13, 73666 Baltmannsweiler

Homepage: www.paedagogik.de

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne vorherige schriftliche Einwilligung des Verlages öffentlich zugänglich gemacht werden. Dies gilt auch bei einer entsprechenden Nutzung für Unterrichtszwecke!

© Schneider Verlag Hohengehren, 73666 Baltmannsweiler 2017
Printed in Germany – Druck: Esser, Bretten

Inhaltsverzeichnis

VORWORT: PRAXIS DES TECHNIKLERNENS IM SACHUNTERRICHT UNTERSUCHT	V
1 EINLEITUNG	1
2 PROBLEMSTELLUNG	2
2.1 Technikverständnis	6
2.2 Begriffsbestimmung Technik und Naturwissenschaft	7
3 STAND DER FORSCHUNG	9
3.1 Theoretische Einordnung: Stand der theoretischen Debatte	9
3.2 Forschung zur technischen Elementarbildung im Sachunterricht	12
3.3 Technik als Gegenstand des Sachunterrichts	16
3.4 Entwicklungspsychologische Erkenntnisse	19
3.4.1 Bedeutung von Interesse im Sachunterricht	21
3.4.2 Beziehung zwischen Technik und Interesse	23
3.5 Fokussierung der Fragestellung auf den Forschungsgegenstand	26
4 DESIGN DER UNTERSUCHUNG – ERHEBUNGSMETHODIK	27
4.1 Fragestellung und Umsetzung im Design	27
4.2 Qualitative Methoden in der Lehr- und Lernforschung	29
4.3 Praxismaterial zum frühen Techniklernen	30
4.3.1 Elektronik – Einführungslehrgang	31
4.3.2 Inhaltliche Organisationsstruktur des Projekts	32
4.3.3 Werkzeuge	32
4.3.4 Reißzweckentechnologie	34
4.3.5 Einführungslehrgang: Elektronik ganz einfach	35
4.3.5.1 Messen, Anreißen, Lötstützpunkte, Löten	35
4.3.5.2 Polung einer Leuchtdiode	37
4.3.5.3 Kondensator im Stromkreis	38
4.3.5.4 Wirkung des Hauptwiderstandes	39
4.3.5.5 Basiswiderstand des Transistorverstärkers	40

4.3.5.6	Ein Elko an der Basis des Transistors	41
4.3.5.7	Verdoppeln der Transistorschaltstufe	42
4.3.5.8	Verkoppeln der Transistorschaltstufen	43
4.4	Bauelemente im Kontext des Interventionsprogramms	44
4.4.1	Widerstände	44
4.4.2	Kondensatoren (gepolte und ungepolte)	45
4.4.3	Transistoren	46
4.4.4	LED (Licht emittierende Diode)	46
4.4.5	Wirkungsweise des Lautsprechers	47
4.4.6	Wirkungsweise des Schalters	48
4.4.7	Piezoelektrischer Effekt	48
4.5	Exemplarische Darstellung der Experimente im Aufbaulehrgang	49
4.5.1	Funkhandy: einfacher Stromkreis, LED mit Widerstand	49
4.5.1	Summi 1: Astabiler Multivibrator, Tongenerator	50
4.5.2	Blitzer: astabiler Multivibrator, Gestaltung der	51
4.5.3	Sirene: RC-Tongenerator mit Darlingtonverstärker	51
4.5.4	Geschicklichkeitsspiel: Bistabiler Multivibrator	53
4.6	Interventionsprogramm – Beschreibung	55
5	STICHPROBE UND EINZELFALL	59
5.1	Stichprobe	59
5.1.1	Vergleichsgruppe	59
5.1.2	Experimentalgruppe	60
5.1.3	Kinder der Experimentalgruppe	60
5.1.4	Kinder der Vergleichsgruppe	63
5.1.5	Einzelfall Lena	65
5.1.6	Transfertest – Vergleichender Abschlusstest	67
6	DESIGN (TRIANGULATION) UND GÜTEKRITERIEN	68
6.1	Forschungsdesign	68
6.2	Gütekriterien	69
7	AUSWERTUNGSMETHODIK	72
7.1	Qualitative Auswertung der Dokumente	72
7.2	Auswertungsmethodik der Fragebögen	79
7.2.1	Technikmotivation	80
7.2.2	Subjektive Kompetenzeinschätzung	81

Inhaltsverzeichnis	III
7.3 Auswertungsmethodik vergleichender Abschlusstest	81
8 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE	82
8.1 Ergebnisse der Hauptkategorie der Dokumentenanalyse	83
8.1.1 Ergebnisse des vergleichenden Abschlusstest	100
8.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Dokumentenanalyse	102
8.2 Exemplarische Fallstudienanalyse der Schülertexte	108
8.3 Ergebnisse der Einzelfallanalyse Lena	123
8.4 Diskussion der Ergebnisse zum vergleichenden Abschlusstest	131
8.5 Durchführung der Fragebogenerhebung	132
8.6 Ergebnisse der Fragebogenerhebung	133
8.6.1 Technikmotivation	133
8.6.2 Subjektive Selbsteinschätzung	133
8.6.3 Statistische Auswertungsverfahren	149
8.6.4 Statistische Überprüfung	151
8.6.5 Ergebnisse der Vorerhebung Technikmotivation	151
8.6.6 Ergebnisse der Vorerhebung Selbstwirksamkeit	152
8.6.7 Ergebnisse der Nacherhebung Technikmotivation	152
8.6.8 Ergebnisse der Nacherhebung Selbstwirksamkeit	152
9 INTERPRETATION DER GESAMTERGEBNISSE	153
10 ZUSAMMENFASSUNG	157
11 SCHLUSSFOLGERUNGEN	159
12 DANKSAGUNG UND SUBJEKTIVER AUSBLICK	161
13 LITERATURVERZEICHNIS	163
14 INTERNETQUELLEN	177
15 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	181

Vorwort: Praxis des Techniklernens im Sachunterricht untersucht*Astrid Kaiser*

Michael Ringelberg hat ein in der gegenwärtigen Diskussion wichtiges Problem aufgegriffen, nämlich die gesellschaftlich erwünschte technische Qualifizierung und der vergleichsweise wenig elaborierte Forschungs- und Entwicklungsstand in technischer Bildung. Er hat in der Praxis ein ausdifferenziertes Programm zum Techniklernen zusammen mit dem Entwickler dieses Programmes, Ingo Goltz, in die Praxis an der Grundschule umgesetzt. Er hat dabei nicht nur innovative Ideen für den Sachunterricht entwickelt, sondern ist auch dem Postulat Altrichters gefolgt, dass Lehrer ihren eigenen Unterricht erforschen. Diese Praxisforschung wird in diesem Buch neben der Darstellung des Praxisprogrammes offen gelegt.

In seiner Problemstellung verweist der Autor klar auf die Relevanz früher technischer Bildungsprozesse hin. Ob diese tatsächlich wirksam sein können, ist eine zentrale Fragestellung der vorliegenden Untersuchung. Er diskutiert verschiedene lerntheoretische Ansätze und macht deutlich, dass er die tätigkeitstheoretische Richtung für seine Arbeit als wichtigen Background ansieht.

Bei seiner Darstellung des Standes der Forschung wird deutlich, dass dieser Inhaltsbereich nicht nur in der Praxis des Sachunterrichts marginalisiert ist, sondern auch in der Forschung. Weitgehend musste er empirische Studien aus dem der technischen Bildung nahe stehenden naturwissenschaftlichen Dimensionierung des Sachunterrichts als Referenz nehmen. Die vorhandenen empirischen Untersuchungen zum Problemkreis untersuchen oft sehr enge eindimensionale Fragestellungen. Eine Untersuchung, in dem ein früh eingesetztes mehrjähriges Technik-Lernprogramm als Intervention evaluiert wird, ist auch im internationalen Kontext nicht zu finden.

Im Zentrum dieses Buches steht die Dokumentation des von Michael Ringelberg im Unterricht durchgeführten und überprüften Programms der technischen Grundbildung in der Grundschule. Er erläutert die wesentlichen Durchführungsmerkmale des Lehrgangs und verweist dabei besonders auf die Praktikabilität, weil die mit Reißzwecken geschaffenen Verbindungen nicht den Einsatz gefährlicher Maschinen erfordern, sondern einfach in den Grundschulunterricht zu integrieren sind. Er stellt diesen bislang kaum beachteten Kurs nach den Schwerpunkten, Inhalte, Bauelemente und Experimente dar. Durch die vielen Fotos und Schaltplanskizzen wird das Programm sehr anschaulich dargestellt und wird so für andere Schulen adaptierbar.

Seine Praxisevaluation fokussiert die wichtige Forschungslücke zwischen didaktischen Zielen und dem tatsächlichen Lernen von Kindern im Sachunterricht am Gegenstandsbereich der Technik im Sachunterricht. Diese im Perspektivrahmen der GDSU als zentral definierte Inhaltsdimension ist in der Alltagspraxis in Deutschland unterrepräsentiert. Hierzu nennt er einige Untersuchungen, die sich mit der Abwehr dieses Themenbereichs bzw. dieser Dimension durch Lehrpersonen näher untersuchen. Theoretisch wird ihm seit der Arbeitspädagogik ein hoher Stellenwert zugewiesen. Die Wirksamkeit technischen Lernens ist bisher jedoch nicht empirisch überprüft worden.

Der empirische Ansatz von Michael Ringelberg bezieht sich konkret auf die Überprüfung von Wirksamkeit und Effekten eines mehrjährigen technikdidaktischen Interventionsprogramms am Gegenstand der Elektronik in der Grundschule. Dazu

wählt er ein Pre-Post-Design. Erhebungsmethodisch nimmt er die Dokumentenanalyse von prozessbegleitenden Reflexionsheften für Kinder, die in der Praxis „Kinderarbeitsmappen“ benannt wurden. Er ergänzt diese im Fokus der Analyse stehenden Kinderdokumente durch zwei Fragebogeninstrumente. Wenn Lehrer neben ihrer Praxis forschen, kann dies nicht an den Maßstäben hoch professioneller Drittmittelforschung bemessen werden. Wichtig ist, dass überhaupt über den Unterricht forschend untersucht wird, ob dies bei Kindern wichtige Lernfortschritte bringt. Und hier hat Michael Ringelberg allerhand beachtenswerte Ergebnisse hervorgebracht. Die Forschungsschritte sind nützlich, um den Einsatz des Programms in seiner pädagogischen Bedeutung zu schätzen. Die Fallbeispiele, wie dieses Programm für einzelne Kinder hilfreich war, unterstreichen die Relevanz. Es bleibt zu wünschen, dass möglichst viele Schulen im Lande Praxisbeispiele aus diesem Band in den eigenen Unterricht integrieren.

Oldenburg im Sommer 2017

Astrid Kaiser

1 Einleitung

Technik durchdringt sämtliche Bereiche unseres Lebens. Eine moderne Gesellschaft ohne innovative Technikentwicklung wäre heute undenkbar. Die rasant fortschreitende technische Entwicklung stellt unsere Gesellschaft vor immer neue Herausforderungen. Diese Herausforderungen anzunehmen und konstruktiv inhaltlich und strukturell weiterzuentwickeln, ist ein Anspruch an unsere Bildungspolitik. Um auch in Zukunft in einem globalen Wettbewerb konkurrenzfähig bleiben zu können, bedarf es grundlegender Überlegungen hinsichtlich der Ausgestaltung eines modernen Technikunterrichts. Den Schulen als tragende Säule unseres Bildungskonzepts wird zunehmend eine besondere Verantwortung im Kontext der Technikbildung auferlegt. Durch die föderale Struktur des Bildungswesens in der Bundesrepublik Deutschland arbeiten alle Bundesländer an unterschiedlichen Konzepten. Hieraus resultieren bundeslandspezifische Bestimmungen, wie den Herausforderungen an eine moderne Technikbildung begegnet werden soll. Die Unterschiede durchdringen alle Lehrpläne: von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II. Alle Bundesländer unterstreichen die Wichtigkeit einer innovativen und fundierten Technikbildung. Einheitliche Standards hinsichtlich eines modernen Technikunterrichts sind vorhanden; sie werden im Schulalltag aber kaum umgesetzt.

Die vorliegende Forschungsarbeit untersucht ein Projekt¹ in der Grundschule aus dem Themenbereich der technischen Elementarbildung. Konkret liegt der Fokus der Studie auf der Entwicklung von Technikverständnis sowie der Überprüfung der Wirksamkeit eines technikdidaktischen Interventionsprogramms. Die Studie zur technischen Elementarbildung soll gewissermaßen einen Ansatz für die weitere Ausrichtung des durchgeführten technikdidaktischen Interventionsprogramms darstellen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sollen einen Beitrag leisten, um in Zukunft einen Ausbau und eine Weiterentwicklung des durchgeführten Interventionsprogramms auf wissenschaftlicher Grundlage zu ermöglichen. Im folgenden Kapitel wird die Problemstellung der Untersuchung konkretisiert; es schließt sich der Stand der Forschung an.

¹ Der Begriff Projekt wird nicht einheitlich verwendet. In der Literatur finden sich sehr unterschiedliche Definitionen. In der vorliegenden Studie wird der Begriff Projekt zum Kurs der Intervention verwendet. Für die einzelnen Aufgaben im Interventionskurs wird der Begriff Projekt genutzt.

2 Problemstellung

Kinder wachsen im Zuge der modernen industriellen Innovationen und der rasant fortschreitenden technischen Entwicklung in einer hoch technisierten Welt auf. Sie nutzen relativ schnell die Ergebnisse der Entwicklungen, doch kennen sie kaum die Basisfunktionen, deren Aufbau und Struktur. Dies impliziert eine immer geringere Durchdringung technischer Sachverhalte. Technisch elementare Grundkenntnisse, Aufbau und Wirkungsweise von Kulturtechniken sowie technische Wirkungszusammenhänge geraten immer mehr aus dem Blickwinkel (vgl. Walter 2000, S. 1). Für ein Bildungskonzept als Hilfe zur Orientierung in der Welt ist Technikverständnis erforderlich. Gleichfalls wird seitens der modernen Bildungstheorie der Technik ein hoher Stellenwert im Allgemeinbildungskonzept zugesprochen. So führt Klafki (1992) als Grunddimensionen menschlicher Interessen und Fähigkeiten folgende an:

„[...] kognitive Fähigkeiten, handwerklich-technische Fähigkeiten, emotional-soziale Fähigkeiten, ästhetische Wahrnehmungs-, Gestaltungs- und Urteilsfähigkeiten, ethische Handlungsfähigkeiten, politische Handlungsfähigkeit“ (Klafki 1992, S. 11–31).

Eine fundierte konzeptionelle Entwicklung zur technischen Grundbildung steht demnach aus. Die Voraussetzung hierfür ist eine Abwägung zwischen didaktischen Zielen und dem konkret möglichen Handeln von Kindern im Sachunterricht als wichtige Bedingung für die Teilhabe an einer von Technik geprägten Gesellschaft. Die Auseinandersetzung mit Technik und der Einblick in technikwissenschaftliche Bildung, Denken und Handeln sowie die Bereitschaft der Vertiefung, mit den Technik bezogenen Handlungsrepertoire entsprechend verantwortungsvoll umzugehen, stellen daher bedeutende Aufträge für das Bildungswesen dieser Gesellschaft dar.

Der Fokus dieser Arbeit ist deswegen auf den Bereich der Technik und den Zuwachs an Technikverständnis gerichtet.

„Gelingt es nicht, durch technische Bildung das Funktionieren von Technik verstehen zu lernen und sich mit Technik emotional zu beschäftigen, entstehen Technikferne und Desinteresse an Technik, die dazu führen, dass sich Jugendliche von technischen Berufen abwenden. Die daraus resultierenden Folgen sind bereits jetzt deutlich zu spüren: Geringes Interesse an technisch-gewerblichen Berufen, Studienanfänger und Absolventen der Ingenieur- und Naturwissenschaften sind stark rückläufig“ (VDE-Ausschuss, 2002).

Die Anforderungen an die Lehrkräfte innerhalb dieses Technikkontextes sind sehr komplex und erfordern äußerst umfangreiches Sach- und Fachwissen. Daneben wird ein hohes Maß an fachdidaktischen Kompetenzen und speziellem Sachwissen gefordert.

Die Bildungsstandards und Kerncurricula haben sehr konkrete und überprüfbare Zielvorstellungen im Sachunterricht am Gegenstandsbereich der Technik formuliert. Technik ist sogar eine zentrale Perspektive im Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e. V. (GDSU) (GDSU 2002, S. 19) und des niedersächsischen Kerncurriculums (vgl. Grundschule Kerncurricula 2006, S. 10).

Kinder im Grundschulalter besitzen umfangreiches Vorwissen im technischen Kontext. Bedingt durch das Alltagswissen, die Medien und die moderne Kommunikation haben sie bereits konkrete Vorstellungen zu Phänomenen und Prinzipien aus dem Bereich der Naturwissenschaften. Die Kenntnisse weisen jedoch mit den naturwis-

senschaftlich korrekten Theorien nur wenige Gemeinsamkeiten auf (vgl. Jonen 2003, S. 93–108) und die Vorstellungen weichen teilweise erheblich von den fundierten naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ab.

Carey entwickelte zu Beginn der 80er-Jahre in Amerika eine Theorie, die sich übersetzt als „begrifflicher Wandel“ interpretieren lässt. Carey spricht in ihrer Theorie von der grundlegenden Umstrukturierung und dem Neuaufbau des Wissens, um Fehlvorstellungen zu vermeiden. Eine grundlegende Unterscheidung traf Carey in weiche und radikale Umstrukturierungen. Sie ist der Ansicht, dass „in einzelnen Begriffsfeldern auch schon sehr junge Kinder formal-logisch schlussfolgern können“ (Carey 1994, zit. nach Einsiedler 2002, S. 24). Piaget hingegen ging noch von dem Phasenmodell (konkret-operationale Phase) aus, in dem nach seiner Auffassung die Kinder im Grundschulalter nur langsame Lernfortschritte im naturwissenschaftlichen Bereich machen können sollten (Piaget 1974, S. 185).

Die Vorschläge mehrerer Autoren zur Unterrichtsforschung hat Jonen (2003, S. 97) zusammengefasst. Demnach soll förderlicher naturwissenschaftlich-technischer Unterricht erfahrungsorientiert sein und muss den Kindern die Möglichkeit zum Experimentieren eröffnen. Es sollen vielfältige Möglichkeiten zum Transfer gegeben werden, wobei die Materialien, die Impulse sowie kognitive Konflikte erfahrbar gemacht werden sollen. Besondere Aufmerksamkeit kommt der Anregung „zum Begründen, Weiterdenken, Vergleichen, Anwenden und Zusammenfassen“ zu (Jonen 2003, S. 97). Diese Erfahrungsorientierung und die Möglichkeiten zum Experimentieren werden auch in der vorliegenden Arbeit im technischdidaktischen Interventionsprogramm umgesetzt. Daneben sollen metakognitive Prozesse sowie Nachdenken und Lernen über Technik besonders gefördert werden. Des Weiteren nennt Jonen die Selbststeuerung als einen wichtigen Punkt. Ebenso hält er eine umfangreiche Anzahl von Fragen, die für die lernende Person wichtig sind, für bedeutsam (vgl. Jonen 2003, S. 97). Wichtig ist, dass die Schüler dabei aber nicht zu sehr sich selbst überlassen werden. Der Lehrer muss so viel Hilfe wie nötig und so wenig Hilfe wie möglich geben (vgl. Möller 2007, S. 257). Das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Primarstufe ist das Erlernen von Problemlösestrategien. Dies beinhaltet vorrangig die Vermittlung von Sachwissen, von Sachverständnis und das Verstehen von Konzepten. Der Sachunterricht widmet sich u. a. den Aufgabengebieten Weltverstehen, Werte und Normen sowie dem Erfassen von Konzepten. Vordringlich soll der Sachunterricht in Wissensbestände der naturwissenschaftlichen Bildung, Vorstellungen, Theorien und Sachen der physischen Welt anleiten (vgl. Köhnlein 2007). Köhnlein spricht in diesem Zusammenhang von der Prüfung „eigener Wahrnehmungen und Interpretationen [...] im Hinblick auf Nachvollziehbarkeit“ (Köhnlein 2007, S. 93), welche für die naturwissenschaftliche Lehre und besonders für das Experiment von großer Bedeutung ist.

Der Teilrahmenplan (vgl. GDSU 2013; Kerncurriculum Sachunterricht 2006, S. 10) sieht vor, dass der Sachunterricht Kinder dazu befähigen soll, Kompetenzen zu erwerben, d. h. kompetent zu handeln und zu urteilen. Dies impliziert sowohl das Faktenwissen und die dazugehörigen Fähigkeiten als auch u. a. metakognitives Wissen. Der Sachunterricht zielt „über den bloßen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten hinaus auf die Förderung des Verstehens“ (GDSU 2013). Notwendig für die Konzeption des Sachunterrichts im Hinblick auf naturwissenschaftliche Bildung sind die angelegten kognitions- und entwicklungspsychologischen Erkenntnisse.

Die didaktische Kernfrage impliziert immer die Frage nach der Konzeptionalisierung von Wissenschaftsorientierung, insbesondere ob und inwieweit die Kinder im Grundschulalter mit wissenschaftsorientiertem Unterricht überfordert sind: „Sind sie reif genug für einen solchen Unterricht und wo liegen die Grenzen des kindlichen Lernens?“ (Giest 2007). Sind die Kinder in der Lage, alle Ebenen des experimentierenden Lernens durchzuführen, d. h. Problemstellung, Hypothesenbildung, Versuchsdurchführung und Schlussfolgerung? Die in den Fragen aufgegriffenen Merkmale bilden eine wichtige Teilforschungsfrage der vorliegenden Untersuchung.

Sodian (2007) untergliedert naturwissenschaftliches Denken in zwei Komponenten: Sie differenziert in eine inhaltliche Ebene und eine formale Komponente. Die inhaltliche Ebene beinhaltet das physikalische, chemische und biologische Denken sowie dessen Entwicklung. Die formale Komponente beinhaltet die „Entwicklung der Fähigkeit, Theorien und Hypothesen systematisch zu prüfen und zu revidieren und über diesen Prozess zu reflektieren“ (Sodian 2007, S. 348). Das formal-operative Denken wurde von Piaget (Piaget 1974) dahingehend interpretiert, dass es erst in der Adoleszenz möglich sei und somit den Erwerb domänenspezifischer Inhalte für Kinder im Grundschulalter begrenze. Untersuchungen zum physikalischen Wissen offenbaren andere Ergebnisse: Kinder können erfahrungsgesteuert intuitiv richtige Hypothesen über physikalische Phänomene machen (Sodian 2007, S. 349). „Kinder versuchen oft einen Effekt zu produzieren, anstatt folgerichtig zu experimentieren, oder können Wirkungen nicht klar deuten“ (vgl. Sodian 2007, S. 351). Nach Piagets Reifungstheorie befinden sich Grundschul Kinder in der konkret-operationalen Phase, in der sie noch nicht zu hypothetischem und formal-logischem Denken befähigt sind (Giest 2007, S. 329). Piaget beschreibt in seiner Theorie, dass Kinder erst im Alter von 10 bis 11 Jahren die formal-operationale Phase erreichen. Erst dann können sie „[...] planvoll experimentieren und anhand intern repräsentierter Denkschemata urteilen“ (Piaget 1974; Giest 2007, S. 331). Im Sinne von Piagets Modell wurde in Anlehnung an die klassische Entwicklungspsychologie davon ausgegangen, dass Grundschul Kinder nicht zum „naturwissenschaftlichen Denken im Sinne der systematischen Bildung, Prüfung und Revision von Theorien und Hypothesen“ imstande seien (Sodian 2003, S. 104), wonach ein technisch-formales Denken im Grundschulalter nicht möglich wäre.

Sozialisationstheorien aus dem Behaviorismus besagen dagegen, dass der Gewichtung der (Lern-)Umgebung und der Umwelt für das Lernen der Kinder eine größere Bedeutung beizumessen ist. So interpretiert, haben alle Kinder die gleichen Entwicklungspotenziale und sind nicht mehr als in ihrer Entwicklung determiniert anzusehen. Erst durch die unterschiedlichen Einflüsse der generierten kindlichen Umwelt werden die verschiedenartigen Fähigkeiten und Fertigkeiten von Kindern ausgebildet. Konstruktivistische Lerntheorien interpretieren – anders als die Reifungstheorien und die des Behaviorismus – das Lernen als eine Konstruktion von Wissen. Dieser fortschreitende Prozess läuft bei jedem durch die aktive Auseinandersetzung mit seiner Umwelt individuell ab (vgl. Giest 2007, S. 332).

Neuere entwicklungspsychologische Theorien ordnen der Reifung und der Sozialisation moderierende Variablen der Entwicklung zu (vgl. Giest 2007, S. 335). Die Basis der Weiterentwicklung ist die individuelle Aktivität des Kindes. Das Fundament bilden hierbei die genetisch angelegten neurobiologischen Systeme. Diese sind die Voraussetzung für die Entwicklung wesentlicher kognitiver Fähigkeiten und

Fertigkeiten. Den kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten sind u. a. die Entwicklung grundlegender Sprachkompetenz zuzuordnen sowie die Motorik, Sensorik und mentale Repräsentation der Umwelt (vgl. Giest 2007, S. 335). Primär durch systematisches Lernen unter soziokultureller Mithilfe werden danach kulturelle Fähigkeiten wie das Lesen erworben. Giest (2007) hat in Unterrichtsversuchen nachgewiesen, dass die kognitive Entwicklung von Kindern durch Unterricht entscheidend gefördert werden kann – insbesondere wenn die vier nachfolgend beschriebenen Faktoren Beachtung finden. Der zu behandelnde Unterrichtsgegenstand muss Gegenwartsbedeutung besitzen (1), er muss an das Vorwissen der Kinder anknüpfen (2) und in den Prozess eingebunden werden (3) (vgl. Giest 2007, S. 336). Daneben sollten Lernhilfen gegeben werden und ein Aktivierungsgrad an das bereits vorhandene Wissen sollte enthalten sein (4).

Die Technikbildung im Primarbereich ist immer noch sehr unterrepräsentiert. Die gesellschaftlich gewünschte technische Qualifizierung und der im Vergleich geringfügig elaborierte Forschungs- und Entwicklungsstand stellen ein Forschungsdefizit dar. Die schulische Technikabstinenz zeigt bereits ihre Auswirkungen in der Wirtschaft.

„Die Zahl der Studienanfänger und Absolventen in den Ingenieurwissenschaften wird künftig sinken, außerdem scheiden immer mehr ältere Ingenieure aus dem Arbeitsleben aus. Die starke Generation der Babyboomer tritt sukzessive ab und die demografische Entwicklung wird sich damit verschärfen. Bis ins Jahr 2029 müssen 710.000 Ingenieure altersbedingt ersetzt werden – 42 Prozent des aktuellen Bestands“ (Ungeheuer 2015).

Der Bedarf besteht nicht nur bei den Ingenieurberufen, sondern gilt des Weiteren für andere technische Berufe wie Elektroniker, Industriemechaniker und Mechatroniker (vgl. Michaelis, Wicking, Enderlein 2006, S. 8). Die Teenager, die sich für andere Ausbildungsberufe bewerben, haben oft große Probleme bei den Tests, d. h. logisches Denken und Rechnen fallen ihnen schwer und physikalisch-technische Aufgaben werden oft nicht gelöst (vgl. Michaelis, Wicking, Enderlein 2006). Die gleichen Ergebnisse zeigen die Third International Mathematics and Science Study und die PISA-Studie (vgl. Michaelis, Wicking, Enderlein 2006, S. 8). Trotz des starken Interesses aufseiten der Schüler und Schülerinnen wird dieser Bereich in der Schule eher vernachlässigt. Technische Inhalte sind in der Grundschule neben den physikalischen und chemischen Inhalten im Vergleich zu sozialwissenschaftlichen und biologischen weit unterrepräsentiert. Dies belegen verschiedene Lehrstoff- und Lehrplananalysen, welche sich insbesondere auf die Auswertung von Lehrplänen (vgl. Einsiedler 1998) und Schulbüchern (vgl. Blaseio 2002) beziehen. Die Untersuchung von Strunck, Lück und Demuth (1998) hat Schulbücher, Fachzeitschriften sowie Lehrpläne und Klassenbücher ausgewertet.

Einsiedler (2002) spricht im Zusammenhang mit der Dokumentation der Studien davon, „[...] dass der Umfang an naturwissenschaftlich- und technischen Inhalten im Kontext der Wissenschaftsorientierung der 70er-Jahre zwar temporär anstieg, danach aber wieder eindeutig zurückging“. Unterrichtsinhalte mit technischem Schwerpunkt sind demnach nicht nur unterrepräsentiert in Lehrplänen und Schulbüchern vorhanden, sondern werden außerdem von den überwiegend weiblichen Lehrkräften im Grundschulbereich kaum unterrichtet. Dies belegt eine

Studie zum Anteil technischer Inhalte im Sachunterricht von Möller, Tenberge und Ziemann (1996).

Für die empirische Forschung der Technikdidaktik im Sachunterricht liegen im deutschsprachigen Raum kaum Ergebnisse vor. Eine Evidenzbasierung fehlt wegen mangelnder empirischer Studien. Der empirische Ansatz der vorliegenden Forschungsarbeit liegt bisher noch nicht vor.

Der Hauptfokus der vorliegenden Forschungsarbeit besteht in der Untersuchung der Zunahme an Technikverständnis im Kontext eines technikdidaktischen Interventionsprogramms. Insbesondere die Analyse des Unterrichtsprozesses der im Projekt fixierten Hypothesen, Beobachtungen und Erklärungen im Lernprozess bilden ein Forschungsdesiderat. Untersucht werden sollen die Wirksamkeit und das Technikverständnis anhand eines technikdidaktischen Interventionsprogramms über mehrere Jahre an einer Grundschule. Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit bildet die Untersuchung didaktischer Ziele und tatsächlicher Lernergebnisse im Gegenstandsbereich der Technik im Sachunterricht.

Die vorliegende Abhandlung verfolgt das Ziel, einen Beitrag für die Behebung des beschriebenen Forschungsdefizits zu liefern.

Das folgende Kapitel soll den Begriff Technikverständnis im Zusammenhang mit der vorliegenden Forschungsarbeit aufzeigen. Gleichfalls soll eine Begriffsbestimmung zwischen Technik und Naturwissenschaft vorgenommen werden. Diese ist notwendig, um eine eindeutige Einordnung und Definition von Technikverständnis vornehmen beziehungsweise geben zu können und die Abgrenzung zwischen Technik und Naturwissenschaft in Beziehung mit der vorliegenden Forschungsarbeit zu bringen.

2.1 Technikverständnis

Der Begriff Technikverständnis wird in der vorliegenden Forschungsarbeit nachfolgend im Detail dargestellt und definiert, um die Beziehungen für die vorliegende Studie zu skizzieren.

Technikverständnis wird nach der Definition von Hüttner als „[...] das Verstehen der Technik und ihrer möglichen Wirkungen auf Mensch, Natur und Gesellschaft“ (Hüttner 2005, S. 38) interpretiert. Die Sinn- und Werteperspektive wird bei dieser Definition jedoch ausgeklammert; sie bezieht sich nur auf die human-soziale Perspektive (vgl. Huber 2010, S. 1). Mey definiert in den Werkspuren der schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften Technikverständnis wie folgt:

„Das Technikverständnis ist Teil der Allgemeinbildung. Es umfasst das Kennen, Verstehen und die kritische Beurteilung der wichtigsten Grundkonzepte und Phänomene, auf denen Materialien, Geräte, Systeme und Funktionen unserer technikgestützten Zivilisation aufgebaut sind, und das Vernetzen dieses Wissens mit den anderen Teilen der Allgemeinbildung“ (Mey 2003, S. 14).

Angele versteht unter Technik „[...] das Herstellen von Objekten und Gegenständen, das Vorhandensein dieser Gegenstände und ihre Funktionsweise“ (Angele, 1976, S. 25, zit. nach Faulstich-Wieland 1990, S. 111).

Ullrich und Klante definieren, dass die Schüler und Schülerinnen in die handelnde und reflektierende Auseinandersetzung mit der technischen Umwelt eingeführt werden sollen und lernen, ein verstehendes und kritisches Verhalten gegenüber Technik aufzubauen (vgl. Ullrich, Klante 1994, S. 9). Das Technikverständnis steht

in enger Beziehung mit dem Technikinteresse und der technischen Erlebniswelt der Kinder. Müller definiert sein Technikverständnis als eigenes Manipulieren, Experimentieren, Finden und Erfinden (vgl. Müller 1996, S. 30). Bienhaus beschreibt Technikverständnis in Anlehnung an eine Definition von Ropohl wie folgt (Bienhaus 2008, S. 1):

„[...] Technik umfasst (1) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), (2) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und (3) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden (Ropohl 1999, S. 31).

Gleichfalls definiert Bienhaus in diesem Zusammenhang, dass „Technik nicht allein durch die künstlichen Technikgebilde besteht, sondern vielmehr die Denkleistungen hervorhebt, die benötigt werden um zu ihrer Ingebrauchnahme und Hervorbringung [...] gesehen werden müssen“ (vgl. Schmayl, Wilkening 1995, S. 15, zit. nach Bienhaus 2008, S. 1),

„[...] denn ohne ihre Ingebrauchnahme, ohne ihre Verwendung stellen die Artefakte nur eine Möglichkeit dar. Eine Möglichkeit, die erst durch ihre Nutzung Wirklichkeit und Sinn erlangt“ (Schmayl, Wilkening 1995, S. 15, zit. nach Bienhaus 2008, S. 1).

2.2 Begriffsbestimmung Technik und Naturwissenschaft

Das Kernproblem der Technik im schulischen Kontext ist die Zuordnung zu anderen Schulfächern aus dem naturwissenschaftlichen Bereich: insbesondere implementiert in den Fachbereich Physik oder in der Konzeption „Natur und Technik“ oder als „[...] Ergänzungskurs Technikverantwortung“ (Sachs 2001, S. 6). Bei diesen Ergänzungskursen wird jedoch vernachlässigt, dass es sich bei der Technik und den Naturwissenschaften nicht um Disziplinen mit analogen, „[...] sondern mit geradezu gegensätzlicher Fragerichtung handelt“ (Sachs 2001, S. 6).

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird eine klare Abgrenzung zwischen Technik und Naturwissenschaft in Anlehnung an das folgende Zitat von Sachs definiert:

„Die Naturwissenschaften sind analytisch ausgerichtet und fragen nach den kausalen Zusammenhängen. Es geht hier um Ursache und Wirkung. Die naturwissenschaftlichen Aussagen orientieren sich an den Kategorien ‚richtig oder falsch‘. Ihr Gegenstand ist das, was von Natur aus da ist. Die Technik und die Technikwissenschaften beziehen sich auf Menschenwerk, auf das künstlich Geschaffene. Ihre Fragerichtung ist nicht kausal, sondern final orientiert. Hier interessiert in erster Linie nicht das ‚was ist‘, sondern das ‚was sein soll‘. Die Hauptfragerichtung ist nicht die nach Ursache und Wirkung, sondern nach Sinn und Zweck. Bei der Beurteilung technischer Sachverhalte geht es nicht um richtig oder falsch, sondern um ‚gut oder schlecht‘ (Sachs 2001, S. 7).

Die Definition wird in der vorliegenden Forschungsarbeit nachfolgend durch eine Fußnote gekennzeichnet, um die Sichtweise des Forschers deutlich hervorzuheben.

Das Fach Physik stellt keine der Technik angemessenen fachlichen „[...] Strukturen und Kategorien“ von der Qualifikation seitens der Lehrkräfte zur Verfügung, da „[...] die wesentlichen Inhalte, Handlungsweisen und Verständnis- und

Beurteilungskategorien der Technik nicht vermittelt“ werden können (Sachs 2001, S. 7). Das Dilemma zeigt sich bei näherer Betrachtung des Physikunterrichts, der sicher interessant ist, jedoch nur „[...] an den technischen Gegenständen die Wirksamkeit der physikalischen Gesetzmäßigkeiten und Phänomene aufzeigt und beleuchtet“ (Sachs 2001, S. 7); das eigentliche Anliegen der Technik wird jedoch nicht beleuchtet. Das physikalische Interesse liegt vermutlich im Aspekt, „[...] Zahnräder unter dem Gesichtspunkt der Wirksamkeit der Hebelgesetze zu analysieren“ (Sachs 2001, S. 7). Unter der Perspektive der Technik hingegen rücken andere Betrachtungsweisen wie die nachfolgenden Fragen in den Mittelpunkt:

„Warum wurden die Zahnräder eingebaut, warum wählte man nicht ein anderes Getriebeprinzip? In welchem Zusammenhang steht das technische Gerät, das Artefakt mit den menschlichen Zwecken und Bedürfnissen? Welche Aufgabe soll es erfüllen? Welchen Anforderungen soll es genügen? Welche Hauptfunktionen und welche Nebenfunktionen ergeben sich dadurch? Welches sind die Beurteilungskriterien, die der Konstrukteur bei seinen Entscheidungen zu berücksichtigen hat? Welche konstruktiven Varianten können eingesetzt bzw. müssen erfunden werden? Welche Vorteile und welche Nachteile verbinden sich mit den Lösungsvarianten? Wie kann das Artefakt hergestellt werden und mit welchen Mitteln?“ (Sachs 2001, S. 8).

Physikalische Kategorien und Systematiken können hier nicht die richtigen Antworten geben; gleichwohl werden Antworten aus der technischen Wissenschaft erhalten (vgl. Sachs 2001, S. 8). Dort werden Ordnungsstrukturen und Kategorien vorgefunden, „[...] welche die Technik durchschaubar, erklärbar und beurteilbar machen“ (Sachs 2001, S. 8).

Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst der Stand der Forschung aufgezeigt.

3 Stand der Forschung

Es gibt seit einigen Jahren eine Vielzahl von Publikationen (z. B. Ullrich, 1977; Ullrich, Klante, 1994; Beinbrech, Püttmann, 2002; Biester, Möller, 1991; Zolg 2001), welche die Realisierung und Dokumentation eines naturwissenschaftlich-technischen² Unterrichts beschreiben. Ein empirischer Ansatz, der sich konkret auf die Überprüfung der Wirksamkeit eines technikkdidaktischen Interventionsprogramms über mehrere Jahre in der Ganztagschule erstreckt, liegt bisher noch nicht vor.

Zunächst soll im o. g. Kontext der Stand der Forschung aufgezeigt werden, um die daran anschließenden Kapitel besser einordnen zu können. Zunächst erfolgt die theoretische Einordnung.

3.1 Theoretische Einordnung: Stand der theoretischen Debatte

In den vergangenen Jahren ist die technische Bildung immer mehr in den Mittelpunkt bildungspolitischer Diskussionen gerückt: zum einen weil durch den demografischen Wandel immer mehr Facharbeiter und -arbeiterinnen fehlen, zum anderen weil an den Universitäten und Hochschulen das Interesse an technikorientierten Fächern massiv zurückgegangen ist (vgl. Egel, Heine 2005, S. 39).

„Der Rückgang der Schülerzahlen in den Abschlussklassen der Fachoberschulen der Fachrichtung Technik in den neunziger Jahren um die Hälfte ist deshalb im Hinblick auf die Entwicklung der Studienanfänger- und Absolventenzahlen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen alarmierend“ (Egel, Heine 2005, S. 39).

Im Zusammenhang mit dem Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland sowie in weiteren Studien zum deutschen Innovationssystem wurden explizit Fragen zur Entwicklung der technischen Bildung in Deutschland in einer Vielzahl von Untersuchungen konkret dargestellt, z. B. HIS/ZEW (Heine, Egel 2006) und FiBS (Dohmen 2006) (Michaelis, Wicking, Enderlein 2006). Die bekannten international vergleichenden Studien der vergangenen Jahre TIMSS, PISA (Baumert, J., Artelt, C., Carstensen, C. H., Sibbers, H. & Stanat, P. 2002; Baumert, J. & Köller, O. 2000; Baumert, J. & Lehmann, R. 1997) etc. zeigen Defizite in den technisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzbereichen auf. Insbesondere der technische Teil stand im kritischen Fokus der Studien. Die Frage, wie diese geförderten Kompetenzen vermittelt werden können, ist allerdings noch ungeklärt. Bei den Erhebungen der PISA-Studie von 2000 und 2003 sind das Leseverständnis sowie die mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenz der Schülerinnen und Schüler untersucht worden. Deutschland nimmt hierbei jeweils einen der hintersten Plätze ein (vgl. OECD, PISA 2000/2003).

² Die Definition bzw. Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik verläuft in der Literatur oft fließend. In der vorliegenden Studie wird die Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik in Anlehnung an Sachs 2001, S. 7 definiert.

Computer werden in deutschen Schulen deutlich seltener genutzt als in allen anderen Industrienationen. Die deutschen Jugendlichen haben zwar ein großes Interesse an Computern, aber vergleichsweise wenige Erfahrungen mit diesen (vgl. OECD, PISA 2000/2003).

Seitens der Sachunterrichtsdidaktik wird gerade auch der technischen Elementarbildung eine hohe Bedeutung für die Qualifizierung der Kinder zugeschrieben. Im Perspektivrahmen der GDSU von 2002 gilt sie als eine der zentralen 5 Perspektiven und auch im niedersächsischen Kerncurriculum wird sie zentral ausgewiesen. Im sachunterrichtsdidaktischen Diskurs hat vor allem Zolg (1999) diese Perspektive fokussiert:

„Die technische Elementarbildung im Sachunterricht hat die Aufgabe, Möglichkeiten [...] zur Selbsttätigkeit zu eröffnen, Kindern Einblicke in die Funktions- und Wirkungsweise technischer Systeme zu ermöglichen sowie eine elementare technische Handlungsfähigkeit zu vermitteln. Darunter sind einerseits ganz pragmatische Fähigkeiten und Fertigkeiten zu verstehen, z. B.:

- selbstständiges Lösen von technischen Problemen [...]
- Experimentieren und Erforschen [...]
- Erkennen von technischen Wirkungszusammenhängen und Prinzipien [...]
- Kennen lernen einfacher Verfahren der Werkstoffbearbeitung [...]
- Gleichzeitig sollen aber auch technikübergreifende Kompetenzen, z. B. Einsichten in die Wechselwirkung zwischen ‚Mensch-Natur-Technik‘, angebahnt werden [...]“ (Zolg 1999, S. 1).

Auch aus der allgemeindidaktischen Fragestellung der Alltagsbewältigung (vgl. Klafki, 1985) lässt sich die hohe Bedeutung von technischem Sachunterricht begründen. Technik durchdringt nahezu alle Lebensbereiche; die fortschreitende Technisierung wirft aber auch Probleme auf, der sich die kommenden Generationen stellen müssen.

Schüler und Schülerinnen im Grundschulalter werden in mannigfacher Ausprägung und Form mit Technik konfrontiert. Die Auseinandersetzung findet zum einen zu Hause, in der Freizeit und zum anderen in der Schule statt. Die Technikentwicklung hat sich über den gesamten Haushaltsbereich hinweg entwickelt – Haushaltsgeräte, Hi-Fi-Anlagen, Werkzeuge etc.

In der Schule ist der Umgang mit Technik vornehmlich auf den Gebrauch oder auf die Handhabung bestimmter Funktionen beschränkt (vgl. Walter 2000, S. 1), z. B. die Bedienung einer Taste oder Sprachsteuerung. Was der eigentlichen Wirkungsweise technischer Funktionen wie Kippschalter, Drehregler, Mausklick zugrunde liegt, bleibt den meisten Kindern verborgen. Kinder nutzen die Technik im Alltag – die Wirkungszusammenhänge werden aber nicht verstanden und durchdrungen (vgl. Walter 2000 S. 1–2). Didaktisch wird generell gefordert, dass Kinder auf diese Alltagssituationen vorbereitet werden. Selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen wird als Weg betrachtet, um diese Ziele zu erreichen. Dazu werden Arbeitstechniken, Methoden und entsprechende Lernstrategien, die im Unterricht gelernt wer-

den müssen, als Voraussetzungen betrachtet. Als didaktisch relevant angesehen wird, die Sichtweisen und Strategien zu durchdringen, um Technik verstehen zu können (vgl. Walter 2000 S. 1–2).

„Technische Bildung erfordert das Interesse bei den Schülern und Schülerinnen, technische Funktionen und Wirkungsweisen zu ergründen und zu gestalten. Die Schüler und Schülerinnen lernen grundlegende technische Funktions- und Handlungszusammenhänge zu verstehen und elementare Formen technischen Handelns auszuführen. Sie erfahren grundlegende Bedingungsbeziehungen von Naturwissenschaft und Technik, Arbeit, erkennen beispielhaft die enge Verbindung zwischen natürlichen Lebensgrundlagen und dem Missbrauch von Technik und können zu Möglichkeiten, Grenzen und Gefahren Stellung nehmen. Die Reflexion über den Umgang mit technischen Sachverhalten ist geeignet, geschlechtsspezifische Einstellungen und Zugänge zum Bereich Technik zu thematisieren“ (Grundschule Kerncurricula, 2006).

Der von Euler vorgestellte Bericht (vgl. Euler 2008, S. 67) zur Situation der technischen Bildung zeigt, „[...] dass im Bereich der allgemeinen schulischen Bildung technische Themen im engeren Sinne – stark unterrepräsentiert, vielfach praktisch nicht existent sind“ (Euler 2008, S. 67). Euler verweist darauf, dass die international viel beachteten Studien PISA und TIMSS belegen, dass deutsche Schüler und Schülerinnen starke Schwächen aufzeigen, „[...] wenn die Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Kenntnisse auf alltagsweltliche Probleme gefragt ist“ (Euler 2008, S. 67). Insbesondere die geringe Verankerung technischer Inhalte und Themen im Schulunterricht tragen zu dieser Entwicklung bei. Daneben diagnostiziert Euler didaktische Schwächen im naturwissenschaftlichen³ Unterricht als entscheidenden Faktor, dass zu wenige Schüler und Schülerinnen technische Interessen entfalten (vgl. Euler 2008, S. 67). Sein Bericht benennt zentrale Herausforderungen auf dem Sektor der Didaktik und bei der Entwicklung von Standards.

„So würde eine stärkere Einbindung technischer Themen zugleich eine stärkere Sichtbarkeit des praktischen Nutzens und der gesellschaftlichen Relevanz der Naturwissenschaften erreichen. Diese didaktische Innovation des naturwissenschaftlichen Unterrichts würde damit die Attraktivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts erhöhen und die Situation der technischen Bildung im schulischen Bereich verbessern“ (Euler 2008, S. 68).

Bislang liegt noch wenig empirische Forschung mit dem Fokus auf das Technikverständnis im Grundschulalter im deutschsprachigen Raum vor. Offen sind z. B. die nachfolgenden Fragen:

- Wie lässt sich Technikverständnis im Grundschulbereich messen?
- Welche altersangemessene Auseinandersetzung mit Technik bietet sich an?

³ Die Definition bzw. Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik verläuft in der Literatur oft fließend. In der vorliegenden Studie wird die Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik in Anlehnung an Sachs 2001, S. 7 definiert.

- Welche Rolle spielen die Lehrkräfte im Bereich der Technikverständnisentwicklung bei Kindern?

Die aufgestellten Fragen werden in dieser Arbeit bearbeitet; sie bilden jedoch nicht den Hauptschwerpunkt dieser Forschungsarbeit. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung liegt auf der Entwicklung des Technikverständnisses von Kindern im Grundschulalter. Der empirische Ansatz bezieht sich dabei konkret auf die Überprüfung der Wirkung eines mehrjährigen technikkdidaktischen Interventionsprogramms am Gegenstandsbereich der Elektronik in einer Grundschule. Dies wird im Rahmen der Vorstellung des Untersuchungsdesigns genau aufgezeigt und begründet.

Im folgenden Kapitel wird der bisherige Forschungsstand zur technischen Elementarbildung im Sachunterricht aufgezeigt. Neben Untersuchungen für den technischen Bereich des Sachunterrichts (Zolg 2003, Möller 2002, PISA 2007, Mammes 2008, 2013) sollen nachfolgend Forschungen zur Lehrermotivation (Landwehr 2002, Tenberg 2001, Möller 1996) und zu didaktischen Konzepten (Kaiser 2004, Hartinger 2002, Brown 1997, Huber 1987) detailliert beleuchtet werden. Dies ist notwendig, um diese o. g. Ergebnisse besser in den Forschungskontext der vorliegenden Studie einordnen zu können.

3.2 Forschung zur technischen Elementarbildung im Sachunterricht

Im Sachunterricht zeigen sich deutliche Defizite bei technischen – insbesondere physikalischen – Themenbereichen. Die Forderungen der Lehrpläne werden – wie Klassenbuchanalysen und Lehrerbefragungen belegen (vgl. Möller 2002b) – oft nicht umgesetzt. Häufig wird noch über 30 Jahre nach der Einführung des Faches Sachunterricht eher ein heimatkundlicher Unterricht durchgeführt, der u. a. erdkundliche, biologische und geschichtliche Themen aufgreift.

Wie Untersuchungen für den technischen Bereich dokumentieren (vgl. Möller 2002b), liegen die Gründe hierfür vor allem in der mangelnden Ausbildung der Lehrkräfte in diesen Bereichen:

„Viele unterrichten den Sachunterricht fachfremd. Dem gegenüber steht ein besonderes Interesse der Kinder an technischen Frage- und Themenstellungen. Kinder müssen selbst experimentieren, Ideen entwickeln, diese überprüfen und immer wieder anwenden“ (Möller 2002b).

Schüler und Schülerinnen erwerben in ihrem Freizeitbereich bereits ein umfangreiches Vorwissen, allerdings individuell und geschlechtsbezogen unterschiedlich. Dieses Interesse nicht aufzugreifen, ist fatal, denn bei Kindern dieses Alters bilden sich Einstellungen und Selbstkonzepte aus, d. h., dass positive Einstellungen gegenüber Technik und Naturwissenschaften hier angebahnt werden müssen (vgl. Zolg 2003). Mammes verweist in diesem Zusammenhang darauf: „Internationale Schulleistungsvergleichsstudien mahnen auf durchschnittliche Leistungen und ein geringes Interesse deutscher Schüler und Schülerinnen an Naturwissenschaft“ (PISA-Konsortium BRD 2007, 2004, 2001).

Nationale Studien ergänzen diese Ergebnisse besonders für den Bereich technischer Bildung (ACATEC 2009). Solche Defizite erschweren nicht nur eine verantwortungsvolle Teilnahme am gesellschaftlichen Leben in einer durch Technik geprägten Lebenswelt, sondern verschließen auch viel-

fältige Wahlmöglichkeiten natur- und technikwissenschaftlich geprägter Studiengänge und Berufe. Hieraus resultiert nicht nur ein Mangel an entsprechenden Ingenieuren und Fachkräften, sondern auch eine Einschränkung vielfältiger Lebensperspektiven“ (ACATEC 2009; Mammes 2001).

In diesem Zusammenhang belegen Möller und Tenberge (2001) in ihren Studien einen großen Einfluss der Lehrermotivation auf den Technikbereich. Möller et al. (1996) konnten empirisch belegen, dass die Wünsche und insbesondere die Interessen der Lehrkräfte im Technikbereich weniger ausgeprägt sind als die der Lehrer (vgl. Möller, Tenberge, 2001, S. 26). Forschungsergebnisse zum Technikinteresse von Grundschullehrenden (Möller 1993; Tenberge 1996) belegen, dass Lehrkräfte, die in der Vorschul- und Schulzeit in geringem Umfang Berührung mit diesem Themenbereich hatten, kaum Technikerfahrungen während der Ausbildung sammeln konnten und sehr wenig oder kein Interesse an Technik haben, keine technikbezogenen Themen in den Unterricht implementieren. Die Aufgaben technischer Bildung sind sehr anspruchsvoll, da die Realität weniger entwickelt ist. Deshalb muss der konzeptionelle Entwicklungsstand genau eruiert werden, um zu den didaktischen Konsequenzen zu gelangen.

„In den internationalen Vergleichsstudien landete Deutschlands Nachwuchs in den Naturwissenschaften im Mittelfeld. Noch erschreckender: Deutsche Schüler können zwar leidlich Gleichungen lösen, ihnen fehlt aber das Verständnis für ihr Tun. Sie haben Probleme, ihr Wissen in Alltagssituationen anzuwenden“ (Stern 2006, S. 8).

Die Literatur im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen⁴ und technischen Unterricht bietet nur wenige Befunde darüber, welche Beweggründe bei den Lehrkräften für die Nichtrealisierung technischer Inhalte im Sachunterricht vorliegen. Die Forschungsergebnisse von Landwehr (2002), Möller (1993, 1996, 2001), Köster (2006) und Mammes (2013) lassen sich so interpretieren, dass die individuelle Einstellung der Lehrkraft eine große Rolle spielt und eine Vermeidungshaltung technischer Inhalte im Sachunterricht auslöst.

Mammes verweist auf internationale Anstöße in der Technikbildung und auf die Notwendigkeit, Lehrkräfte hinreichend auszubilden, um den Ansprüchen im Unterrichtsalltag gerecht zu werden (vgl. Mammes 2013, S. 19).

„Auch internationale Ansätze technischer Bildung verweisen auf die Notwendigkeit, Lehrkräfte entsprechend zu professionalisieren, um technische Bildung im Unterrichtsalltag umzusetzen. Lehrkraftausbildung und -fortbildung stehen daher in der Verantwortung, entsprechendes Handeln durch Entwicklung von Expertise zu erzeugen und eine technische Allgemeinbildung für Schülerinnen und Schüler zu gewährleisten, die ein verantwortliches Handeln in einer von Technologien geprägten Gesellschaft sicherstellt“ (Mammes 2013, S. 19).

⁴ Die Definition bzw. Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik verläuft in der Literatur oft fließend. In der vorliegenden Studie wird die Abgrenzung zwischen Naturwissenschaft und Technik in Anlehnung an Sachs 2001, S. 7 definiert.

Technische Elementarbildung hat die Funktion, den Schülern und Schülerinnen elementare technische Verknüpfungen durchschaubar und begreifbar zu machen. Dieser Prozess sollte mit Rücksicht auf das offene Interesse der Kinder geschehen sowie an deren Vorerfahrungen und Fähigkeiten anknüpfen. „Insbesondere durch die technische Aufgabenstellung kann das Bewusstsein für technische, soziale und wirtschaftliche Rahmenbedingungen geweckt werden sowie die Handlungsfähigkeit zur Prozessgestaltung gefördert werden“ (Stern 2006, S. 8–9). Ein positives Praxisbeispiel aus der Kick-off-Veranstaltung anlässlich der Einweihung des Elektroniklabors in der beschriebenen Grundschule (Name aus Datenschutz anonymisiert) im Jahr 2005 zeigt die Möglichkeiten konkret auf: In der Veranstaltung wurde die Erklärung der Funktion eines Widerstandes, Kondensators und Transistors sowie deren Zusammenwirken unter der Leitung von Ingo Goltz von den Teilnehmern der Elektronik-Arbeitsgemeinschaft erlernt.

Die vorliegende Studie will genau die Wirkungsweise dieses technischdidaktischen Interventionsprogramms im Elektroniklabor untersuchen.

Aus wissenschaftlichen Untersuchungen wird in der Fachdidaktik gefolgert, dass Handlungsorientierung in der technischen Elementarbildung die Basis der Lernmotivation ist. „Die Kraft des Lernens entfaltet sich aus dem Handeln. Die Bedeutung des handelnden Lernens steht im engen Kontext zur Lernmotivation“ (Hartinger 2002, S. 111). In Anlehnung an eine konstruktivistische Vorstellung von Lernprozessen wird der besondere Vorteil kooperativen Lernens in der Unterstützung einer vertieften, aktiven und interaktiven Beschäftigung mit Problemen und Gegenständen in einem sozialen Kontext gesehen (vgl. Brown 1997; Cobb 1993; Huber 1987; O'Donnell, King 1999; Vettiger 1987, in: Pauli 2000, S. 422). In Anlehnung an die konstruktivistische Lerntheorie wird das Wissen nicht einfach übermittelt, sondern durch folgende Lernformen gekennzeichnet: eigenaktives konstruktives Lernen, situatives Lernen, soziales und kooperatives Lernen, selbstgesteuertes und unterstütztes Lernen. Das Subjekt konstruiert seine eigenen kognitiven Strukturen am sichersten im Kontext von Aufgabenstellungen, die aus realen Situationen entstehen (vgl. Möller, 1999, S. 132–133, 2000, S. 141–142). Einsiedler spricht in diesem Kontext darüber, dass diese Aufgabenstellungen das Verständnis realer Gegebenheiten aus Umwelt- und Alltagsbedingungen ermöglichen sollen. Diese sollen in einem kommunikativen und sozialen Austausch gelöst werden (vgl. Einsiedler 1997, S. 18). Das Motiv des Lernens steht im Vordergrund, wodurch die Notwendigkeit entsteht, die Nützlichkeit des Gegenstandes und dessen Bedeutung zu erfahren. Durch diesen aktiven Lernprozess wird es dem lernenden Individuum ermöglicht, eine Bedeutung und ein Verständnis für den Sinn zu entwickeln (vgl. Kaiser 2004, S. 13).

„Das gelingt nur in ernsthaften Lernsituationen. D. h. die Relevanz des Lerngegenstandes muss erfahrbar sein, eine Frage- oder Problemstellung zugrunde liegen, die das Subjekt des Lernens von Bedeutung und zudem zugänglich ist“ (Kaiser 2004, S. 13).

In diesem Zusammenhang stellt Möller folgende These auf: „Der Erfolg einer Konfliktstrategie ist entscheidend davon abhängig, ob Schüler bereit und fähig sind, den Konflikt wahrzunehmen“ (Möller 1999, S. 144). Soostmeyer (2002) spricht in diesem Kontext von zwei Phasen der Unterrichtsgestaltung: In der ersten Phase stehen die Problemfindung und entdeckende Aktivitäten im Vordergrund. Diese Phase ist durch methodisch freie, offene Lern- und Denkprozesse des Entdeckens geprägt,

welche die Problemerkennntnis und Spezifizierung des Problems beeinflussen. Die zweite Phase ist überwiegend durch forschende Aktivitäten gekennzeichnet. Die Schwerpunkte liegen in dieser Phase auf der Artikulation von Hypothesen, Problemlösungsideen und der Planung von Experimenten (vgl. Soostmeyer 2002, S. 32). Im Mittelpunkt der technischen Elementarbildung steht die selbstgeleitete, handelnde Auseinandersetzung. Im handelnden Lernen entdecken Kinder ihre Welt, da sich Handeln und Denken gegenseitig bedingen (vgl. Biester 1991, S. 24). Diese Herangehensweise erfolgt primär spielerisch und entwickelt sich zu einer problemorientierten und planvollen Strategie. Diese wird durch erste spielerische und experimentelle Erfahrungen mit den Materialien geleitet. Durch das Tun, Gebrauchen und Herstellen werden Probleme geschaffen, Lösungen erarbeitet und diese auf ihre Zweckmäßigkeit hin überprüft (vgl. Ullrich 1994, S. 12–13).

„Elementares technisches Handeln mit dem Ziel einer pragmatischen und komplexen Handlungskompetenz setzt außerdem die Möglichkeit voraus, individuelle Vorerfahrungen einbringen zu können, selbstentworfenen Lösungswege zu beschreiten und eigenständig zu korrigieren sowie eine eigene Problemsicht und Zielformulierungen vornehmen zu können“ (Zolg 1997, S. 9).

Die Erkenntnisse der konstruktivistischen Lerntheorie – Lehre führt nicht automatisch zum Lernen/prinzipiell nur mit selbstgesteuertem Lernen wird nachhaltig Kompetenzentwicklung erreicht – führen zu einer neuen Lern-, nicht Lehrkultur (vgl. Siebert 1999, in: Arnold 2001, S. 14). Wissen bzw. Qualifikationen zu vermitteln, wird als Illusion enthüllt und die Machbarkeit und Kontrollierbarkeit von Bildung als Erzeugungsdidaktik in diesem Theoriekontext als nicht realisierbar bezeichnet. Stattdessen muss nach diesen lernphilosophischen Ansätzen auf eine Integration von intentionalem und erfahrungsorientiertem Lernen hingearbeitet werden. Die Gestaltung einer neuen Lernkultur zielt darauf ab, in den Lernzusammenhängen Erfahrungen zu ermöglichen. Es gilt davon Abstand zu nehmen, dass es lernförderliches didaktisches Handeln gibt, das Gesetzmäßigkeiten gehorcht (vgl. Arnold 2001, S. 14).

Das veränderte Verständnis von Lehren und Lernen in der didaktischen Theorie zeigt sich auf unterrichtlicher Ebene in der Gestaltung von Lernprozessen, die der Lehrende anregt. Diese Prozesse sind von der selbstständigen und selbst gesteuerten Aneignung von Wissen gekennzeichnet, indem der Lehrer eher wie ein Moderator und Organisator bei der Bearbeitung und Bewältigung der Lernaufgaben fungiert statt als Wissensvermittler. Die Art und Weise, wie der Lernprozess zustande kommt, welche methodischen, sozialen Aktivitäten seitens des Lerners gefordert wurden, ist relevanter als das, was inhaltlich eine Rolle spielt (vgl. Arnold 2001, S. 14–15).

„[...] dem implizierten Lernen (in der Übernahme von Haltungen, Einsichten, Gewohnheiten, Kompetenzen, die unausgesprochen, beiläufig, unterschwellig vermittelt werden) kommt für den Erwerb von Schlüsselqualifikationen, Problemlösefähigkeit und Selbstständigkeit eine zentrale Bedeutung zu (Arnold, Schübler 1998, S. 8).

Neben der Analyse des Lerngegenstandes und der Reduktion der einzelnen Bestandteile im Hinblick auf die Fasslichkeit ist für die handlungs- und aneignungs-

orientierte Didaktisierung ein operatives Denken erforderlich, d. h. ein Denken in möglichen Handlungen der Lernenden.

Die Handlungsorientierung ist dabei als eine neue Form des Lernens zu sehen, bei der die Lernenden sich selbst bewegen und selbst handeln. Es bedeutet „zuständig sein“, d. h. das Planen und Gestalten des eigenen Lernprozesses selbst in die Hand zu nehmen und mit dem Organisieren der Aktivitäten das Tun durch das Denken zu begleiten. Selbstständigkeit, Selbststeuerung und Selbstorganisation sind wesentliche Charakteristika handlungsorientierten Lernens (vgl. Arnold 2001, S. 23). Die Rolle der Lehrerinnen und Lehrer hat sich in der modernen fachdidaktischen Theorie vom „Be-Lehrer“ zum Organisator, Moderator und Berater des Lernprozesses gewandelt. Dabei kommt es nicht allein darauf an, den Lernprozess nach einem zuvor im Detail geplanten Modell zu gestalten, vielmehr ist die Fähigkeit entscheidend, den Unterrichtsprozess auf der Basis der konkreten Unterrichtssituation und deren lebendiger Systemkräfte zu steuern und produktiv ausrichten zu können. Hierzu ist eine Haltung der pädagogischen Gelassenheit notwendig. Gelassenheit steht dabei als Leitbegriff „für eine Haltung, die sich von der Illusion der Machbarkeit, Beherrschbarkeit und Planbarkeit von komplexen Lernsystemen und Lehrprozessen verabschiedet hat“ (vgl. Arnold 2001, S. 25). Im weiteren Fokus der vorliegenden Untersuchung steht das Technikverständnis. Insbesondere die Analyse des Unterrichtsprozesses, der fixierten Hypothesen, Beobachtung und Erklärung im Lernprozess bilden ein Forschungsdesiderat.

Das folgende Kapitel soll den historischen Hintergrund des Sachunterrichts aufzeigen, um die Weiterentwicklung des Sachunterrichts in Beziehung mit der vorliegenden Studie zu bringen. Des Weiteren sollen entwicklungspsychologische Aspekte, die Bedeutung von Interesse und die Beziehung zwischen Technik und Interesse detailliert dargestellt werden, um den Zusammenhang und den Einfluss für die vorliegende Studie aufzuzeigen. Dieses Kapitel bildet somit das Fundament für das sich anschließende Forschungsdesign.

3.3 Technik als Gegenstand des Sachunterrichts

Nachfolgend wird die Historie der Technik im Sachunterricht skizziert, um deren Weiterentwicklung im wissenschaftlichen Kontext für die vorliegende Studie besser einordnen zu können.

Werden Überlegungen zur Didaktik des Sachunterrichts angestellt oder wird allgemeiner über das Fach Sachunterricht in der Grundschule eingehend diskutiert, kann dies auf der Basis gewisser historischer und bildungspolitischer Hintergründe und Prozesse getan werden. Kaiser und Pech erklären in diesem Kontext, dass die Entwicklung des Sachunterrichts zu einem selbstständigen Unterrichtsfach bis heute immer noch stattfindet und keinesfalls abgeschlossen sei (vgl. Kaiser, Pech 2004a, S. 4), auch wenn es Ansätze zur Vereinheitlichung gibt, z. B. den Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (vgl. GDSU, 2002) oder die Überlegungen und Diskussionen des Arbeitskreises Grundschule (vgl. Faust-Siehl 1996, S. 26).

Durch die Entwicklung des heimatkundlichen Unterrichts im 19. Jahrhundert rückte der Integrationsaspekt des Unterrichts mit Heimatbezug stark in den Mittelpunkt der Gestaltung. So enthielt der heimatkundliche Unterricht integrativ die naturwissenschaftlichen Themen Geografie und Tier- und Pflanzenkunde. Diese Konzeptentwicklung implizierte die Umorientierung in den Nahraum der Kinder. Der heimat-