

Felix Walker (Universität Stuttgart)

**Das technische Experiment – Ein Vergleich von
Schüler-, Demonstrationsexperiment und dem lesenden
Bearbeiten eines Experiments**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

Felix Walker (Universität Stuttgart)

Das technische Experiment – Ein Vergleich von Schüler-, Demonstrationsexperiment und dem lesenden Bearbeiten eines Experiments –¹

Zusammenfassung

Im Zentrum dieses Beitrags steht der Vergleich eines technischen Experiments und das dadurch erworbene Wissen, welches im allgemeinbildenden Technikunterricht als Schüler-, Demonstrationsexperiment und lesend bearbeitet wurde. In der als Vor-Nachtest-Design angelegten Studie zeigte sich, dass deklaratives und prozedurales Wissen empirisch trennbare Wissensdimensionen darstellen. Im Schülerexperiment konnte mit einer kleinen bis mittleren Effektstärke überzufällig mehr deklaratives und prozedurales Wissen erworben werden als durch das Demonstrationsexperiment. Ein Vergleich des Demonstrationsexperiments mit dem lesenden Bearbeiten des Experiments ergab keine signifikanten Unterschiede. Zurückzuführen sind die partiell vorhandenen Unterschiede des erworbenen Wissens, dank der hohen internen Validität der Untersuchung, auf die unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten während der Bearbeitung des technischen Experiments. Damit konnte erstmals der in technikdidaktischer Literatur postulierte Einfluss der Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb z.T. empirisch nachgewiesen werden.

Schlüsselwörter: technisches Experiment, Schülerexperiment, Demonstrationsexperiment, deklaratives Wissen, prozedurales Wissen

The technical experiment – a comparison between the type of hands-on experiment, demonstration experiment and reading-based-experiment

Abstract

This article is about the comparison between a technical experiment, which learners can a) conduct themselves (hands-on experiment), b) the observation of actions resulting from the technical experiments (demonstration experiment) or c) the reading of a description concerning all actions being necessary to perform technical experiments. The reported study follows a *pre-post-test-design*. The variable, on which it usually depends on is the gain of knowledge, especially the gain of declarative and procedural knowledge. Results of the study showed that declarative and procedural knowledge were empirically separable. When groups were compared, significant advantages arose in the development of declarative and procedural knowledge with small to medium effect-sizes towards the group a). Contrary to the

¹ Diese Veröffentlichung wurde durch Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht (Kennz.: DFG FL 745/1-1).

expectations, the comparison of the groups b) and c) showed no significant differences, as far as their declarative or procedural knowledge is concerned.

Keywords: hands-on experiment, demonstration experiment, declarative knowledge, procedural knowledge, technical experiment

1 Einleitung

Das technische Experiment besitzt im allgemeinbildenden Technikunterricht als auch im gewerblich-technischen Unterricht hohe bildungspraktische Relevanz und wird als effektives Unterrichtsverfahren angesehen, mit dessen Einsatz eine hohe Lernwirksamkeit verbunden wird (vgl. Bleher, 2008, S. 61f; Pätzold, Wingels & Klusmeyer, 2003, S. 124f). Darüber hinaus werden mit dem Einsatz von Experimenten durchweg positive Auswirkungen auf das **fachspezifische Interesse** der Schülerinnen und Schüler erwartet (vgl. Barth & Pfeifer, 2009, S. 70; Bäuml-Roßnagl, 1981, S. 161). Bezogen auf die Lernwirksamkeit wird präsupponiert, dass nur durch **Schülerexperimente** die höchste Lernwirksamkeit erreicht wird. Eine geringere Lernwirksamkeit als durch Schülerexperimente, welche jedoch noch größer ist als durch **lesendes Bearbeiten eines technischen Experiments**, sollte durch **Demonstrationsexperimente** erzielt werden. Verantwortlich für die unterschiedliche Lernwirksamkeit (von Schüler-, Demonstrationsexperiment und dem lesenden Bearbeiten eines Experiments) sind die **Handlungsmöglichkeiten**, die Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung technischer Experimente zugewiesen bekommen. Diese Annahmen finden sich sowohl in der technikdidaktischen Literatur² als auch in Einschätzungen von LehrerInnen wieder (vgl. Barth & Pfeifer, 2009, S. 70; Bäuml-Roßnagl, 1981, S. 160f). Dabei bezieht sich der Begriff „Handlungsmöglichkeit“ auf die „Manipulations-/Interaktionsmöglichkeiten“ der Schülerinnen und Schüler mit dem Versuchsaufbau des technischen Experiments. Schülerexperimente, also Experimente, bei denen die Schülerinnen und Schüler von der Planung über die Durchführung hin zur Auswertung des Experiments selbstständig mit dem real vorhandenen Versuchsaufbau arbeiten, besitzen demzufolge die höchsten Handlungsmöglichkeiten. Geringere Handlungsmöglichkeiten als das Schülerexperiment besitzt das Demonstrationsexperiment. Dies ist dadurch begründet, dass in Demonstrationsexperimenten alle Schülerinnen und Schüler, die nicht unmittelbar am Experiment beteiligt sind, aufgefordert werden, die „Experimentierhandlungen“ des Lehrers oder Lerners genau zu beobachten, die Experimentiererergebnisse zu erfassen und zu notieren (vgl. Hüttner, 2005, S. 147). Folglich besteht in Demonstrationsexperimenten keine Möglichkeit, Handlungen mit dem Versuchsaufbau durchzuführen; den Schülerinnen und Schüler wird eher eine rezipierende bzw. beobachtende Rolle zugewiesen (vgl. Pahl, 2008, S. 193). Beim rein lesenden Bearbeiten eines Experiments muss der Versuchsaufbau und die daran durchgeführten Manipulationen bzw. Handlungen vorgestellt und nachvollzogen

² In die Betrachtung flossen insbesondere die Ausführungen von Bünning (2008), Pahl (2008), Pahl (2007), Bünning (2006), Hüttner (2005), Wöll (2004), Ott und Pyzalla (2003), Bloy und Bloy (2000), Seifert und Weitz (1999), Pahl und Ruppel (1998), Henseler und Höpken (1996), Bloy und Pahl (1995), Nashan und Ott (1995), Sachs (1994), Bader (1990), Schmayl (1982), Rauner (1985), Steffens (1985), Blandow, Bösenberg und Sachs (1981), Sachs (1975) und Scheid (1913) ein.

werden. Die Ergebnisse des eigenen Handelns, z. B. die ermittelten Ergebnisse (Messwerte), können nur aus Informationsblättern (z. B. in Tabellenform o. ä.) von den Schülerinnen und Schülern erfasst werden. Im Vergleich zu dem Schüler- und Demonstrationsexperiment besitzt das lesende Bearbeiten eines Experiments die geringsten Handlungsmöglichkeiten.

Dass die Handlungsmöglichkeiten³ einen Einfluss auf die erwartete Lernwirksamkeit besitzen, legt auch Walker (2013) nahe. Dieser Entschluss basiert auf der Analyse von 40 empirischen Arbeiten aus dem Bereich der Fachdidaktik der Naturwissenschaften, welche sich mit dem Vergleich von Schüler-, Demonstrationsexperimenten und dem lesenden Bearbeiten eines Experiments befassen. Weiter begründet er dies aus kognitionspsychologischer Sicht mit Hilfe der multimodalen Gedächtnistheorie (vgl. Engelkamp, 1990), aus der abgeleitet werden kann, dass die Systembeteiligung und damit auch die Erinnerungsleistung von den Handlungsmöglichkeiten abhängt.⁴ Entsprechend ist diese beim lesenden Bearbeiten von technischen Experimenten am geringsten und bei selbst ausgeführten Handlungen, in Schülerexperimenten also, am größten (vgl. Engelkamp, 1997, S. 214; Engelkamp, 1990, S. 469).⁵

Zusammenfassend lässt sich also konstatieren, dass in der technikkdidaktischen Literatur ein Einfluss der Handlungsmöglichkeiten auf die Lernwirksamkeit bzw. den Wissenserwerb bei der Bearbeitung technischer Experimente angenommen wird. Ob der angenommene Einfluss der Handlungsmöglichkeiten bereits empirisch im allgemeinbildenden Technikunterricht untersucht wurde, soll im Folgenden ermittelt werden (vgl. Kap. 2). Anschließend wird ein Vorschlag unterbreitet, wie der Einfluss der Handlungsmöglichkeiten empirisch diagnostiziert werden kann (vgl. Kap. 3). Die zu Grunde gelegten Hypothesen werden in Kapitel 4 und der methodische Zugang bzw. das Untersuchungsdesign in Kapitel 5 vorgestellt. Die Überprüfung der Hypothesen erfolgt in Kapitel 6. Den Abschluss bildet die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten (vgl. Kap. 7).

2 Stand der Forschung

Allgemein muss der Forschungsstand der Technikkdidaktik an allgemeinbildenden Schulen, obwohl von bildungspolitischer Seite die Relevanz der technischen Bildung für den Wirtschaftsstandort Deutschland immer wieder hervorgehoben wird, als defizitär bezeichnet werden (vgl. Buhr & Hartmann, 2008; Höpken, 2003, S. 295f). Dies trifft insbesondere auch auf die Forschungslage des Unterrichtsverfahrens des technischen Experiments zu, welche bereits 1982 von Schmayl als unzureichend und faktisch nicht existent bezeichnet wurde (vgl. Schmayl, 1982, S. 104 und S. 290ff). Trotz intensiver Recherche konnten keine

³ Unter einer Handlung werden in Anlehnung an Aebli (2001) Bereiche des Tuns mit hohem Grad der Bewusstheit und der Zielgeleitetheit bezeichnet. Die Realisierung eines Handlungsablaufs erfordert viele Teilhandlungen, wobei jede dieser Teilhandlungen ihre Mittel bzw. Elemente besitzt und als Ziel das Stiften von Beziehungen hat. Des Weiteren ist der Anteil von Automatismen beim Handeln gering. Sie treten erst auf der untersten Stufe der Realisierung der Handlung auf (vgl. Aebli, 2001, S. 20).

⁴ Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf die umfassenderen Ausführungen der Analyse der Arbeiten und der Begründung auf Walker (2013) verwiesen (vgl. Walker, 2013, S. 45ff und S. 84ff).

⁵ Dieser Effekt konnte auch bei komplexen zielgerichteten Handlungen beobachtet werden (vgl. Steffens, 2007).

Forschungsarbeiten gefunden werden, die in vergleichender Perspektive dem Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Bearbeitung technischer Experimente im allgemeinbildenden Technikunterricht nachgehen. Umso erstaunlicher ist, dass dieser Einfluss, trotz der hohen bildungspraktischen Relevanz des technischen Experiments, bisher keinen Eingang in technikdidaktische Forschungsbemühungen gefunden hat. Inwieweit der (postulierte) *Einfluss der Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung eines technischen Experiments auf den Wissenserwerb* empirisch fundiert werden kann, ist somit für den allgemeinbildenden Technikunterricht noch ungeklärt.

3 Besonderheiten der Überprüfung des Einflusses von Handlungsmöglichkeiten bei der Bearbeitung eines technischen Experiments in Form eines Schülerexperiments, Demonstrationsexperiments oder in Form des lesenden Bearbeiten eines Experiments

Will man den Einfluss der Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung eines technischen Experiments empirisch untersuchen, sieht man sich jedoch einigen diagnostischen Schwierigkeiten gegenüber. So muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die bei der Bearbeitung eines technischen Experiments ablaufenden Lernprozesse ein komplexes Wirkungsgefüge darstellen, welches von (personen- bzw. unterrichtsbezogenen) Parametern beeinflusst wird. Da keine Arbeiten und demzufolge auch keine Erfahrungen zu (personen- bzw. unterrichtsbezogenen) Einflussparametern des Einflusses der Handlungsmöglichkeiten bei der Bearbeitung technischer Experimente im allgemeinbildenden Technikunterricht vorliegen, wird im Folgenden auf empirische Arbeiten zum Experimentieren der Fachdidaktik der Naturwissenschaften zurückgegriffen. In diesem Zusammenhang resümierte bereits 1946 Cunningham, dass in Untersuchungen die Schüler-, Demonstrationsexperimente und das lesende Bearbeiten von Experimenten vergleichen, the “1) teacher variable; 2) complexity of experiments and apparatus; 3) time spent on each method; 4) amount of science studied by students; and 5) performer of demonstrations” erfasst bzw. kontrolliert werden sollen (Cunningham, 1946, S. 71; vgl. Garrett & Roberts, 1982, S. 116ff; Majerich, 2004, S. 86). Ergänzend führt Walker (2013) an, dass

- Schülerinnen und Schüler das Experiment jeweils in der gleichen Sozialform (Einzelarbeit, Kleinstgruppen, etc.) selbstständig ohne Einfluss einer Lehrperson bearbeiten sollen,
- in Schüler-, Demonstrationsexperiment oder beim lesenden Bearbeiten des Experiments alle Phasen des Experiments durchlaufen werden und
- die gleichen Experimentierunterlagen sowie weitere Informationsmaterialien zum Einsatz kommen (vgl. Walker, 2013, S. 85f).

Unter Berücksichtigung der aufgeführten Einflussparameter wird erwartet, dass die interne Validität des Untersuchungsdesigns erhöht und hierdurch eine Diagnose des Einflusses der Handlungsmöglichkeiten ermöglicht wird (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 53). Anders formuliert soll es mit den oben genannten Punkten ermöglicht werden, eine Veränderung

eines Personenmerkmals (z.B. Wissen über ein technisches Experiment) auf die Variation eines anderen Merkmals (z.B. die Handlungsmöglichkeiten in Schüler-, Demonstrationsexperimenten oder beim lesenden Bearbeiten von Experimenten) zurückzuführen.

Lag der Schwerpunkt der bisherigen Betrachtungen darin, die Möglichkeit einer Konfundierung (vgl. Schnell, Hill & Esser, 2008, S. 209) zu verringern, wird im Folgenden der Frage nachgegangen, welches Personenmerkmal zur Diagnose des Einflusses der Handlungsmöglichkeiten bei der Durchführung von technischen Experimenten herangezogen werden sollte. Hierzu führt Hüttner (2005) auf, dass durch den Einsatz technischer Experimente einerseits Fertigkeiten und andererseits Fähigkeiten bzw. Leistungs- und Verhaltensdispositionen der Schülerinnen und Schüler aufgebaut oder weiterentwickelt werden sollen (vgl. Hüttner, 2005, S. 136; Pahl & Vermehr, 1995, S. 54f). So ist es prinzipiell vorstellbar, dass der Einfluss der Handlungsmöglichkeiten sowohl eine Entwicklung von Fähigkeiten als auch von Fertigkeiten bewirkt. Allerdings liegt in der Technikdidaktik gegenwärtig kein Ansatz vor, der die Fertigkeitentwicklung durch die Bearbeitung eines technischen Experiments beschreibt, wodurch der diagnostische Zugang als undurchsichtig und auch als problematisch erscheint und im Rahmen dieses Beitrages nicht weiter verfolgt wird. Für den Bereich der Fähigkeiten merkt Pahl (2008) an, dass sich die Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung technischer Experimente einen konkreten Teil technischer Handlungsfähigkeit aneignen, wobei er unter technischer Handlungsfähigkeit eine Klasse komplexer Lernziele, die eine kognitive, psychomotorische und affektive Dimension haben, versteht (vgl. Pahl, 2008, S. 194). Für die kognitive Facette technischer Handlungsfähigkeit ergänzen Ott und Pyzalla (2003), dass die Schülerinnen und Schüler durch das Bearbeiten technischer Experimente deklaratives und prozedurales Wissen erwerben sollen (vgl. Ott & Pyzalla, 2003, S. 120).⁶ Dass die Handlungsmöglichkeiten während der Bearbeitung eines technischen Experiments Einfluss auf das deklarative und prozedurale Wissen besitzen könnten, legen Befunde von Glasson (1989), Weltner und Warnkross (1974) und Killermann (1996) aus dem naturwissenschaftlichen Bereich nahe.⁷ Auch die kognitionspsychologische Fundierung beider Wissensarten spricht für eine Differenzierung der kognitiven Facette technischer Handlungsfähigkeit. Da die Wissensbegriffe in der Literatur nicht immer eindeutig verwendet werden, sollen diese im Rahmen dieses Beitrages wie folgt operationalisiert werden (vgl. Aebli, 2001, S. 120; Anderson, 2001, S. 462ff; Seel, 2000, S. 370; Süß, 1996, S. 63ff; Oswald & Gadenne V., 1984, S. 180f; Ryle, 1969, S. 26):

⁶ Das von Ott und Pyzalla (2003) aufgeführte konditionale Wissen soll nicht weiter berücksichtigt werden, da angenommen wird, dass sich dieses 1) nur bezogen auf unterschiedliche situative Anforderungsstrukturen (also z.B. mehrere unterschiedliche technische Experimente) zeigt bzw. erfassen lässt und 2) in diesem Zusammenhang eine empirische Trennung der Wissensbereiche (z.B. durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse) wenig aussichtsreich erscheint.

⁷ In den Arbeiten konnte gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler durch eigenständiges Experimentieren (z. B. Schülerexperimente) deklaratives Wissen tendenziell und prozedurales Wissen statistisch signifikant besser erwerben als Schülerinnen und Schüler, die die Bearbeitung des Experiments nur beobachten (z. B. Demonstrationsexperimente) oder nur lesend nachvollziehen konnten. Allerdings erfolgte in den Arbeiten die Unterscheidung der Wissensarten rein normativ. Eine empirische Überprüfung wurde nicht vorgenommen.

- **Deklaratives Wissen:** Benennen von Fakten, Sachverhalten und Begriffen eines Realitätsausschnitts. Angeben und Beschreiben von situationspezifischen Handlungsschritten (die zur Zielerreichung notwendig sind).
- **Prozedurales Wissen:** Erkennen und Angeben von situationspezifischen Merkmalen und Zusammenhängen. Durchführen bzw. Ausführen einer kognitiven oder motorischen Operation/ Handlung bezogen auf einen bestimmten Kontext.

4 Hypothesen

Wie in Kapitel 1 dargestellt, wird die erwartete Lernwirksamkeit von technischen Experimenten mit den Handlungsmöglichkeiten während des Experimentierens verbunden. Trotz intensiver Recherche konnten keine Forschungsarbeiten über die Wirksamkeit von technischen Experimenten im Rahmen des allgemeinbildenden Technikunterrichts ermittelt werden (vgl. Kap. 2). Bezogen auf die durch die Bearbeitung von technischen Experimenten zu erwerbenden Fähigkeiten werden in diesem Beitrag die von Ott und Pyzalla (2003) als kognitive Facette der technischen Handlungsfähigkeit vorgeschlagenen Wissensarten (deklarativ/prozedural) herangezogen (vgl. Kap. 3). Inwiefern sich die Wissensarten als empirisch trennbare Wissensdimensionen abbilden lassen, soll einleitend geklärt werden (**H1**). Des Weiteren wird als Ziel des Beitrages die Überprüfung des Einflusses der Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb (deklarativ/prozedural) bei der Durchführung technischer Experimente im allgemeinbildenden Technikunterricht verfolgt (**H2** und **H3**). Vor dem Hintergrund der Zielsetzung werden folgende Hypothesen zu Grunde gelegt.

H1: Deklaratives und prozedurales Wissen stellen zwei empirisch trennbare Wissensdimensionen dar.

H2: Die Aneignung von deklarativem Wissen hängt von den Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung technischer Experimente ab.

- *H2.1: Durch den Einsatz von Schülerexperimenten wird die Aneignung von deklarativem Wissen stärker gefördert als durch den Einsatz von Demonstrationsexperimenten.*
- *H2.2: Durch den Einsatz von Demonstrationsexperimenten wird die Aneignung von deklarativem Wissen stärker gefördert als durch rein lesendes Bearbeiten von technischen Experimenten.*

H3: Die Aneignung von prozeduralem Wissen hängt von den Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung technischer Experimente ab.

- *H3.1: Durch den Einsatz von Schülerexperimenten wird die Aneignung von prozeduralem Wissen stärker gefördert als durch den Einsatz von Demonstrationsexperimenten.*
- *H3.2: Durch den Einsatz von Demonstrationsexperimenten wird die Aneignung von prozeduralem Wissen stärker gefördert als durch rein lesendes Bearbeiten von technischen Experimenten.*

5 Methode

5.1 Stichprobe

Insgesamt stehen für die Analyse Daten von 305⁸ Schülerinnen und Schüler (65.6% männlich; 34.4% weiblich) der Klassen 9 (11.5%), 10 (36.4%) und 11 (52.1%), von Gymnasien (8.2%) und Gesamtschulen (91.8%), mit einem Durchschnittsalter von $M = 16.05$ ($SD = 1.00$) Jahren, von insgesamt 6 Schulen aus Nordrhein-Westfalen zur Verfügung. Die erhobene Stichprobe setzt sich somit überwiegend aus Schülerinnen und Schüler der Gesamtschule aus den Klassen 10 und 11 zusammen. Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, konnte annähernd eine gleiche Gruppengröße in den Treatments erreicht werden.

Kontrollgruppe	Schüler-experiment	Demonstrations-experiment	Lesendes Bearbeiten des Experiments
48	89	88	80

Tab. 1: Zuordnung der Schülerinnen und Schüler zu den Treatments sowie der Kontrollgruppe

Um die statistische Validität (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 53) sicherstellen zu können, wurde mit Hilfe von G-Power 3.1.3 die statistische Power ($1-\beta$) berechnet (vgl. Buchner, Erdfelder & Faul, 2011). Mit der erreichten Stichprobengröße ist es möglich, mittlere Effekte ($d_z = 0.5$) zwischen den zwei Messzeitpunkten innerhalb der Kontrollgruppe mit einer statistischen Power von $1-\beta = .8$ (bei $\alpha < .05$) abzusichern. Für den Vergleich der drei Treatmentgruppen können kleine bis mittlere Unterschiede ($f = 0.2$) mit einer statistische Power von $1-\beta = .8$ (bei $\alpha < .05$) statistisch abgesichert werden.

5.2 Untersuchungsdesign⁹

Dem Ziel der Untersuchung entsprechend, den Einfluss von Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung technischer Experimente auf den Erwerb deklarativen und prozeduralen Wissens festzustellen, wurde ein Untersuchungsdesign entwickelt, welches die in Kapitel 3 vorgestellten Ansätze zur Erhöhung der internen Validität berücksichtigt. Dazu wurden drei Treatments in Form von *Schülerexperiment*, *Demonstrationsexperiment* und dem *lesendes Bearbeiten eines Experiments* als **unabhängige Variable** (UV) operationalisiert. Zusätzlich zu den Treatments wurde mit Hilfe einer Kontrollgruppe versucht, zwischenzeitliches Geschehen und weitere Störeinflüsse zu erfassen. Der Einfluss der Handlungsmöglichkeit wird anhand der in Kapitel 3 vorgestellten kognitiven Facette der technischen Handlungsfähigkeit in Form von **deklarativem** und **prozeduralem Wissen** als **abhängige Variablen** (AV) erfasst. Des Weiteren wurden **Kontrollvariablen** (KV) wie

⁸ Insgesamt wurden 349 Schülerinnen und Schüler untersucht, wobei von 305 Schülerinnen und Schüler vollständige Datensätze vorliegen. Sofern bei weiteren Analysen von dieser Stichprobengröße abgewichen wird, wird dies ausdrücklich erwähnt.

⁹ Eine vollständige Beschreibung des Untersuchungsdesigns und der Instrumente kann Walker (2013) entnommen werden.

Alter, Schulform, Note¹⁰ im und Interesse am Fach Technik sowie die Bearbeitungszeiten des technischen Experiments und des Vor- und Nachtests erhoben.

Die Anlage der Untersuchung kann insofern als Feldexperiment bezeichnet werden, als sie in allgemeinbildenden Schulen durchgeführt wurde und die Erhebung während des Regelunterrichts stattfand. Dennoch weist sie Züge eines Laborexperiments auf, da die eingesetzten Lernunterlagen sowie die Instruktionen der Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Treatments durch Protokollbögen standardisiert waren. Die Untersuchung folgte einem Vor-Nachtest-Design, welches, bedingt durch die Durchführung im Regelunterricht, gewissen zeitlichen Vorgaben unterlag (vgl. Schnell et al., 2008, S. 214f).

Bevor auf die Treatments (UV) und den Erhebungsablauf eingegangen wird, wird zunächst das eingesetzte technische Experiment vorgestellt. Für die Entwicklung des technischen Experiments wurden neben den Curricula zusätzlich Seminarleiter für das Fach Technik der Sekundarstufe 1 und 2 in die inhaltliche und zielbezogene Entwicklung sowie in die Ausgestaltung der Lernunterlagen des technischen Experiments einbezogen. Ziel des entwickelten Experiments ist es aus vier gegebenen Profilformen das geeignetste für einen Längsträger eines Verpackungsroboters experimentell zu ermitteln. Die Anforderungen an die Profile waren in Form eines Lastenheftes gegeben. Neben Durchbiegung, Biegesteifigkeit und Gewicht war der Preis der Profile zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 1).

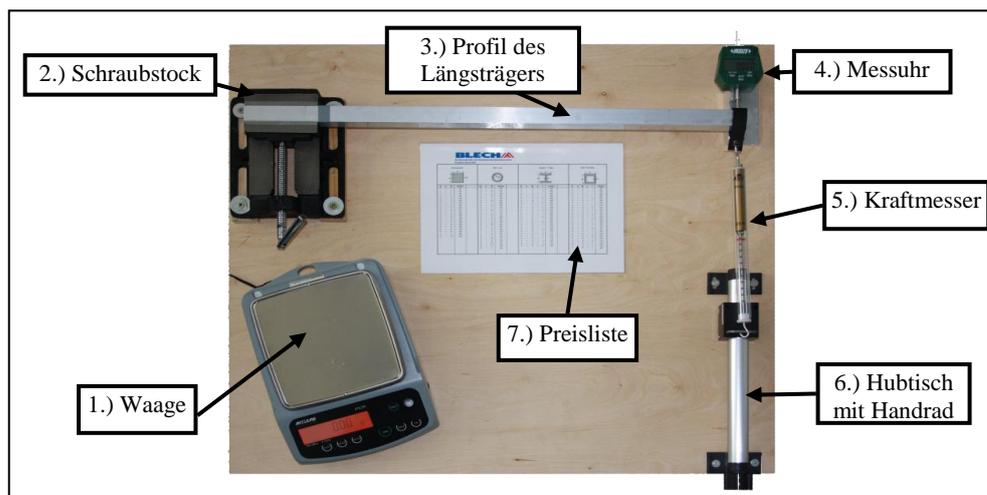


Abb. 1: Versuchsaufbau und -materialien des technischen Experiments der Treatmentgruppe *Schülerexperiment*

Im Treatment *Schülerexperiment* konnten die Schülerinnen und Schüler das technische Experiment am real vorhandenen Versuchsaufbau durchführen (vgl. Abbildung 1). Anhand einer Simulation, in der Videosequenzen von allen Handlungen mit dem Versuchsaufbau (vgl. Abbildung 1) beobachtet werden konnten, bearbeiteten Schülerinnen und Schüler des Treatments *Demonstrationsexperiment* das technische Experiment. Schülerinnen und Schüler des Treatments *lesendes Bearbeiten des Experiments* konnten das technische Experiment weder mit einem real vorhandenen Experimentiersystem noch anhand einer Simulation am

¹⁰ Zusätzlich wurden, zu der Note des Faches Technik, die Noten für die Fächer Mathematik, Physik, Deutsch und Englisch erhoben.

Computer durchführen. Die Handlungsschritte und -ergebnisse des technischen Experiments mussten von den Schülerinnen und Schülern rein lesend nachvollzogen werden.

Der **Vortest** erfolgte im Klassenverbund der jeweiligen Klasse und wurde durch geschulte Testanweiser durchgeführt. Für den Wissenstest wurde eine Bearbeitungszeit von 30 Minuten eingeplant, die sich als ausreichend erwies ($M = 28.6$ $SD = 4.1$). Inhaltlich umfasste der Vortest dieselben Aufgaben wie der Nachtest. Die Bearbeitung des technischen Experiments erfolgte eine Woche nach dem Vortest. Um Testeffekte zu minimieren, wurden die Schülerinnen und Schüler einer Klasse **randomisiert** zu einem der drei **Treatments** (*Schüler-, Demonstrationsexperiment, lesendes Bearbeiten des Experiments*) oder der Kontrollgruppe [KG] zugeordnet. Die Schülerinnen und Schüler der KG erhielten kein Treatment, d. h. sie bearbeiteten kein technisches Experiment und nahmen stattdessen am Regelunterricht teil. Die KG ermöglicht es, zwischenzeitliches Geschehen, also Reifungs- bzw. Lernprozesse, die außerhalb der Treatments lagen, z. B. durch Kommunikation von Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher Klassen oder der Lehrer, zu erfassen. Die mittlere Bearbeitungszeit für das technische Experiment betrug $M = 53.7$ ($SD = 7.5$) Minuten. Das technische Experiment konnte in allen drei Treatments von den Schülerinnen und Schülern in Einzelarbeit durchgeführt werden, um kooperative Lernprozesse bzw. Effekte, die auf gruppenspezifische Prozesse zurückzuführen sind, ausschließen zu können. Die Schülerinnen und Schüler der Treatments wurden auf drei Klassenzimmer aufgeteilt und die Sitzordnung so gewählt, dass eine Beeinflussung durch andere nicht möglich war. Zur Bearbeitung wurden in allen drei Treatments dieselben Experimentierunterlagen eingesetzt. Nach Abschluss der Planungsphase wurde in dem jeweiligen Treatment entweder der Versuchsaufbau (*Schülerexperiment*), die Computersimulation (*Demonstrationsexperiment*) oder das Ergebnisblatt (*lesendes Bearbeiten des Experiments*) kurz vorgestellt und abschließend ein Informationsblatt zur Biegesteifigkeit ausgeteilt. Die anschließenden Phasen (Durchführung, Aus- und Bewertung) bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler selbstständig. Der **Nachtest** erfolgte in den Treatmentgruppen (*Schüler-, Demonstrationsexperiment, lesendes Bearbeiten des Experiments*) im Anschluss an das bearbeitete technische Experiment in Einzelarbeit, wobei eine Pause von ca. 5-10 Minuten eingeplant war. In der KG wurde der Nachtest im Klassenverbund durchgeführt. Alle weiteren Schritte wurden analog zum Vortest vorgenommen.

5.3 Instrumente

Da für die Überprüfung des durch die Bearbeitung des technischen Experiments erworbenen Wissens und für das Interesse am Fach Technik keine zielgruppenadäquaten Instrumente zur Verfügung standen, mussten diese selbst entwickelt werden.

5.3.1 Wissenstest¹¹

Unter Berücksichtigung der Zielgruppe erfolgte die Testkonstruktion mit dem Fokus, einerseits Aufgaben zu entwickeln, die inhaltlich das technische Experiment und das durch

¹¹ Eine detaillierte Analyse der Reliabilität, Trennschärfe und Schwierigkeit des Wissenstest erfolgt zusammen mit der Hypothesenprüfung von H1 in Kapitel 6.1.

die Bearbeitung erworbene deklarative und prozedurale Wissen erfassen (vgl. Hartig, Frey & Jude, 2008, S. 141). Die Aufgaben wurden gemeinsam mit Seminarleitern der Sekundarstufe 1 und 2 entwickelt und auf ihre „Praxistauglichkeit“ hin evaluiert. Das Aufgabenspektrum des Tests reichte von Aufgaben mit offenen Antwortformaten, im Sinne von Kurzantwort- und Ergänzungsaufgaben, bis hin zu Aufgaben mit gebundenem Antwortformat (Zuordnungs- und Mehrfachwahlaufgaben) (vgl. Jankisz & Moosbrugger, 2008, S. 38ff; Rost, 1996, S. 59ff). Der entwickelte Wissenstest umfasst 31 (16 deklarativ; 15 prozedural) Aufgaben. Die Auswertung erfolgte auf Basis eines Lösungsbogens und die Bewertung der Aufgaben wurde dichotom (1 Pkt. = richtig; 0 Pkt. = falsch) vorgenommen. Eine Aufgabe mit offenem Aufgabenformat wurde dann als richtig bewertet, wenn alle Teilschritte korrekt oder die Antwort sinngemäß war.

5.3.2 Fachinteresse

Neben dem Wissen wird das Interesse am Fach Technik (vgl. Kap. 1), welches in Bezug auf die Person-Gegenstands-Theorie als relativ stabiles Personenmerkmal angesehen werden kann, angelehnt an Baumert, Roeder, Sang und Schmitz (1986), durch acht Beurteilungsaufgaben mit jeweils 4 Antwortmöglichkeiten (die von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft völlig zu“ reichen) erfasst (vgl. Krapp, 1998; Schiefele, 1996; Baumert et al., 1986). Dieser Fragebogen wurde bereits in Bereichen der Naturwissenschaften eingesetzt, wo er sich durch eine sehr gute Reliabilität ($.86 < \alpha < .90$) und hohe Ökonomie auszeichnete und somit auch für diese Arbeit geeignet scheint (vgl. Gößling, 2010, S. 75f; Thillmann, 2007, S. 110; Künsting, 2007, S. 89f). Insgesamt mussten für die Auswertung des Fachinteresses drei nicht raschkonforme Aufgaben entfernt werden. Die mit Hilfe des Programms ConQuest¹² berechnete WLE-Reliabilität des Vor- und Nachtests fällt mit .86 bzw. .87 hoch aus und kann als zufriedenstellend bezeichnet werden. Des Weiteren können die Trennschärfen der fünf Beurteilungsaufgaben für das Interesse am Fach Technik im Vortest ($.76 < r_{pbis} < .87$) als auch im Nachtest ($.77 < r_{pbis} < .88$) sehr gut zwischen Schülerinnen und Schüler mit hohem bzw. niedrigem Fachinteresse differenzieren. Zusammenfassend kann für den entwickelten Fachinteresstest festgehalten werden, dass er sehr gut in der Lage ist, das Fachinteresse von Schülerinnen und Schüler zu erfassen.

6 Hypothesenprüfung/Ergebnisse

6.1 Prüfung der Hypothese H1

Für die Überprüfung der Hypothese H1 wurden die Testergebnisse des Wissenstests auf Basis der Probabilistischen Testtheorie [PTT] ausgewertet (vgl. Moosbrugger, 2008, S. 221; Rauch & Hartig, 2008, S. 241; Rost, 1999, S. 140ff). Um die gemeinsame Skalierung der Personenfähigkeiten zum Vor- und Nachtest sicherzustellen, wurde ein Verfahren eingesetzt, dass von Rost (1996) theoretisch beschrieben, durch Hartig, Jude und Wagner (2008) im Rahmen der DESI Studie überprüft und in der PISA Studie 2003 zur Veränderungsmessung

¹² vgl. Wu, Adams, Wilson & Haldane (2007).

eingesetzt wurde.¹³ Dieses Verfahren liefert reliable Schätzungen der Personenfähigkeiten sowie deren Veränderungen (vgl. Hartig et al., 2008). Als Personenfähigkeitsschätzer finden die von Warm (1989) theoretisch fundierten und z. B. von Rost (1996), Walter (2005) und Hartig und Kühnbach (2006) empirisch überprüften weighted Likelihood-Schätzer (WLE-Schätzer) Anwendung, da sie die reliabelsten Schätzungen für die individuelle Personenfähigkeit bieten (vgl. Hartig & Kühnbach, 2006, S. 42).

Zur Überprüfung von H1 wurde in einem ersten Schritt untersucht, ob die entwickelten Aufgaben zwei Wissensbereiche (deklarativ/prozedural) erfassen, oder ob sich hier eine eindimensionale Wissensstruktur findet. Hierfür wurden in ConQuest ein 1- und ein 2-dimensionales Modell¹⁴ gerechnet. Ob und welche Aufgaben die Anforderungen des 1-parametrischen Raschmodells erfüllen, wird basierend auf der INFIT-Statistik mit Hilfe der weighted mean-square-Statistik (wMNSQ) betrachtet (vgl. Wu & Adams, 2007, S. 75f; Wilson, 2005, S. 127ff; Embretson & Reise, 2000, S. 233ff). Als Ausschlusskriterien für die Aufgaben des Wissenstests werden wMNSQ-Werte kleiner als .7 und größer als 1.33 zu Grunde gelegt (vgl. Wilson, 2005, S. 129; Wright & Linacre, 1994). Die Trennschärfe der Aufgaben wird als zusätzliches Beurteilungskriterium herangezogen. Mit Hilfe der T-Statistik wird überprüft, welche Aufgaben eine zu hohe oder zu niedrige Trennschärfe im Vergleich zu den anderen Testaufgaben aufweisen (vgl. Wu, Adams, Wilson und Haldane, 2007, S. 23f). Die Grenzwerte liegen zwischen $-2 < t < +2$, wobei negative Werte als eine zu hohe Trennschärfe zu interpretieren und damit unkritisch sind (vgl. Jude, 2006, S. 58f). In iterativen Skalierungsdurchgängen mussten auf Grund von unpassenden Item-fit-Werten neun von den 31 Aufgaben aus dem 1-dimensionalen sowie aus dem 2-dimensionalen Raschmodell entfernt werden. Insgesamt stehen somit 22 Aufgaben für weitere Analysen zur Verfügung.

Ob *deklaratives und prozedurales Wissen zwei empirisch trennbare Wissensdimensionen darstellen* (H1) wird mit Hilfe des Likelihood-Ratio-Tests überprüft (vgl. Rost, 1999, S. 154ff).¹⁵ Dazu wurden die Devianzen und die Zahl der geschätzten Parameter des 1- und ein 2-dimensionalen Modells jeweils voneinander subtrahiert, wobei die Differenz der Devianzen den Wert einer Chi-Quadrat-Verteilung und die Differenz der geschätzten Parameter die Freiheitsgrade darstellen. Die Prüfung des Signifikanzniveaus, also ob die Modelle unterschiedliche Passung an die Daten aufweisen, wurde mit Hilfe einer Chi-Quadrat-Tabelle ermittelt (vgl. Tabelle 2; Walter & Rost, 2011, S. 138ff).

¹³ Auf dieses Verfahren wird rekuriert, da die Personenfähigkeiten von zwei getrennt gerechneten Modellen (z.B. Vor- und Nachtest) nicht auf einer gemeinsamen Skala liegen und folglich nicht vergleichend zu interpretieren wären (vgl. Davier & Davier, 2011, S. 226). Ein Überblick zu den unterschiedlichen Verfahren gibt Carlson (2011).

¹⁴ Alle Aufgaben im 2-dimensionalen Modell wurden als *between-item-Multidimensionality* geschätzt, d.h. eine Aufgabe wird eindeutig, der Testkonstruktion entsprechend, einer latenten Fähigkeit zugeordnet (vgl. Wu et al., 2007, S. 102ff).

¹⁵ Zur Kritik an diesem Vorgehen sei auf Kubinger und Draxler (2007) oder auch Walter und Rost (2011) verwiesen.

Modell	Devianz	Zahl der geschätzten Parameter	Differenz		
			Chi-Quadrat-Wert	Freiheitsgrad <i>df</i>	Signifikanz <i>p</i>
1-dimensional	15114.8	7	162.7	7	< .001
2-dimensional	14952.1	14			

Tab. 2: Modell-fit des 1- und 2-dimensionalen Modells zum Vergleich der durch den Test erfassten Wissensstruktur

	1	2	3
1 VT deklarativ			
2 VT prozedural	.86		
3 NT deklarativ	.88	.80	
4 NT prozedural	.83	.96	.88

Tab. 3: Latente Interkorrelationen der zwei Wissensbereiche zu den zwei Messzeitpunkten (VT = Vortest und NT = Nachtest) des 2-dimensionalen Modells

Das Ergebnis des Likelihood-Ratio-Test lässt eine klare Überlegenheit des zweidimensionalen Wissensmodells erkennen (vgl. Tabelle 2, $\Delta\chi^2 = 162.7$; $df = 7$; $p < .001$). Vor dem Hintergrund der Befundlage kann die Hypothese H1 angenommen werden. Folglich wird im Weiteren davon ausgegangen, dass deklaratives und prozedurales Wissen separierbare, wenn auch hoch korrelierte Wissensdimensionen darstellen (vgl. Tabelle 3, $1 \rightarrow 3$ und $2 \rightarrow 4$ sowie $1 \rightarrow 2$ und $3 \rightarrow 4$).

Zur Kontrolle der Reliabilität des Wissenstests wurde die WLE-Reliabilität durch ConQuest berechnet. Für die Interpretation der WLE-Reliabilität muss allgemein angemerkt werden, dass ihre Schätzgenauigkeit unter anderem durch die Anzahl der Testaufgaben (Testlänge) beeinflusst wird. Dies ist der Schätzung der WLE-Reliabilität nach der Andrich-Methode geschuldet, die bis zu einer Testlänge von 20 Aufgaben die WLE-Reliabilität unterschätzt (vgl. Walter & Rost, 2011, S. 134ff; Walter, 2005, S. 78f, S. 132ff und S. 184f). Für die WLE-Reliabilität des Wissenstests, welcher im prozeduralen Bereich zwölf und im deklarativen Bereich zehn Aufgaben umfasst, muss folglich davon ausgegangen werden, dass die WLE-Reliabilität unterschätzt wurde. Die geschätzte WLE-Reliabilität des Wissenstests beträgt im Nachtest für das prozedurale Wissen .73 und für das deklarative Wissen .68. Damit fallen die Reliabilitäten, trotz Unterschätzung, in den mittleren Bereich und können als zufriedenstellend bezeichnet werden. Die mittlere Aufgabenschwierigkeiten des Nachtests liegen mit P ($M = .35$ $SD = .17$) für das prozedurale und mit P ($M = .43$ $SD = .14$) für das deklarative Wissen im gültigen Bereich von ($.2 < P < .8$). Des Weiteren fallen die Trennschärfen im Nachtest für das prozedurale r_{pbis} ($M = .54$ $SD = .06$) und deklarative r_{pbis} ($M = .46$ $SD = .06$) Wissen in den mittleren Bereich, wobei viele Aufgaben beider Wissensbereiche sehr gute Trennschärfen $r_{pbis} > .5$ aufweisen (vgl. Bühner, 2006, S. 140).

Zusammenfassend ist für den entwickelten Wissenstest festzuhalten, dass er in der Lage ist, prozedurales und deklaratives Wissen hinreichend genau zu erfassen und ausreichend leichte sowie schwierige Aufgaben bietet, die zwischen leistungsstarken und leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler trennen.

6.2 Prüfung der Hypothesen H2 und H3

Durch die randomisierte Zuordnung der Schülerinnen und Schüler zu den Treatmentgruppen konnte im deklarativen und prozeduralen Vorwissen eine homogene Verteilung zwischen den Treatmentgruppen erreicht werden, wodurch sich diese nicht überzufällig unterscheiden (deklarativ: $F(2,254) = 2.644$, $p = .073$, $\eta_{\text{part}}^2 = .020$; prozedural: $F(2,254) = 2.247$, $p = .108$, $\eta_{\text{part}}^2 = .017$).¹⁶ Bevor die Prüfung der Hypothesen vorgenommen werden kann, soll die Wissensentwicklung in der KG betrachtet werden, um Störeinflüsse, wie z. B. das zwischenzeitliche Geschehen, ausschließen zu können. Dazu wurde nur für die Schülerinnen und Schüler der KG ein T-Test für abhängige Stichproben gerechnet. Hier zeigten sich für das deklarative als auch für das prozedurale Wissen erwartungskonform keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten (deklarativ: $t(47) = 1.772$, $p = .083$, $d_z = 0.155$ ¹⁷; prozedural: $t(47) = 1.191$, $p = .280$, $d_z = 0.172$). Entsprechend kann für die KG festgehalten werden, dass, bedingt durch die statistisch nicht überzufälligen Unterschiede, zwischenzeitliches Geschehen ausgeschlossen werden kann.

Im Fachinteresse zeigten sich, nachdem die Schülerinnen und Schüler randomisiert einer Treatmentgruppe zugeordnet waren, signifikante Unterschiede ($F(2,254) = 100.001$, $p < .001$, $\eta_{\text{part}}^2 = .441$). Wie Post-Hoc-Vergleiche zeigen, weist die Treatmentgruppe *Demonstrationsexperiment* ein signifikant niedrigeres Fachinteresse auf als die beiden anderen Gruppen *Schülerexperiment* und *lesendes Bearbeiten eines Experiments*. In den beiden letztgenannten Gruppen unterscheidet sich das Fachinteresse hingegen nicht. Dieser Befund überrascht insofern, da nicht nur in den beiden Wissensbereichen, sondern auch in den Noten keine Unterschiede zwischen den Treatmentgruppen festgestellt werden konnten, die diese Ausprägung des Fachinteresses erklären würde.

¹⁶ Bei den aufgeführten Mittelwerten handelt es sich um die auf Basis der Kovariaten ermittelten adjustierten Mittelwerte (vgl. Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2010, S. 665). η^2 ist als Maß für die Effektstärke bei varianzanalytischen Verfahren aufzufassen. Per Konvention wird bei $\eta^2 = .01$ von einem kleinen, $\eta^2 = .06$ von einem mittleren und bei $\eta^2 = .14$ von einem großen Effekt gesprochen (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 364; Rasch et al., 2006b, S. 38).

¹⁷ d_z ist als Maß für die Effektstärke bei t-Tests aufzufassen, wobei das z auf abhängige (verbundene) Stichproben hinweist. Per Konvention wird bei $d = 0.2$ von einem kleinen, bei $d = 0.5$ von einem mittleren und bei $d = 0.8$ von einem großen Effekt gesprochen (vgl. Rasch, Friese, Homann & Naumann, 2006a, S. 67f).

Bei den Hypothesen H2 und H3 handelt es sich um a priori formulierte, gerichtete Unterschiedshypothesen, welche mit Einzelvergleichen bzw. a-priori-Kontrasten bestimmt werden (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 277f und S. 525ff; Bortz & Weber, 2005, S. 263).¹⁸

Für die Hypothese H2, *die Aneignung von deklarativem Wissen ist von den Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung technischer Experimente abhängig*, wurde in einem ersten Schritt durch die ANCOVA¹⁹ mit den drei Kovariaten (deklaratives und prozedurales Wissen sowie Fachinteresse im Vortest) und der abhängigen Variablen (deklaratives Wissen im Nachtest) festgestellt, ob zwischen den Mittelwerten der Treatmentgruppen signifikante Unterschiede bestehen. Trotz Einbezugs der Kovariablen liegen signifikante Unterschiede ($F(2,251) = 6.848$, $p = .003$, $\eta_{\text{part}}^2 = .045$) zwischen den einzelnen Treatmentgruppen vor, wonach im Folgenden mit Hilfe von Einzelvergleichen ermittelt werden kann, zwischen welchen Treatmentgruppen Unterschiede vorliegen. Der für die Hypothese H2.1 (deklaratives Wissen: Schülerexperiment versus Demonstrationsexperiment) gerechnete Kontrast ergab hochsignifikante Unterschiede im Vergleich der beiden Treatmentgruppen *Schülerexperiment* ($M = 0.269$) und *Demonstrationsexperiment* ($M = -0.206$) zu Gunsten der Treatmentgruppe *Schülerexperiment* ($F(1,251) = 6.877$, $p = .009$ ²⁰, $\eta_{\text{part}}^2 = .027$). Dabei handelt es sich mit $\eta_{\text{part}}^2 = .027$ um einen kleinen bis mittleren Effekt. Den Ergebnissen entsprechend kann die Hypothese H2.1 bei ausreichender Teststärke angenommen und für den Erwerb von deklarativem Wissen festgehalten werden, dass dieser besser gelingt, wenn Schülerinnen und Schüler technische Experimente selbst bearbeiten (*Schülerexperiment*) als wenn sie die Durchführung nur beobachten (*Demonstrationsexperiment*). Analog zum Vorgehen für die Überprüfung von Hypothese H2.1 wurde ein zweiter Einzelvergleich für die Hypothese H2.2 (deklaratives Wissen: Demonstrationsexperiment versus lesendes Bearbeiten des Experiments) vorgenommen. Entgegen den Vermutungen der Hypothese H2.2 konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Treatmentgruppen *Demonstrationsexperiment* ($M = -0.206$) und *lesendes Bearbeiten des Experiments* ($M = -0.185$) festgestellt werden ($F(1,251) = .024$, $p = .907$ ²¹, $\eta_{\text{part}}^2 < .001$).²² Vor dem Hintergrund der Befundlage muss H2.2 zurückgewiesen und die Nullhypothese des Einzelvergleichs, welche keinen Unterschied zwischen den beiden Treatmentgruppen postulierte, beibehalten werden.

¹⁸ Bortz und Weber (2005) merken dazu an, dass der „Erkenntnisgewinn, der mit der Bestätigung einer a priori, d. h. vor der Untersuchungsdurchführung aufgestellten Hypothese erzielt wird, [...] ungleich höher einzuschätzen [ist] als der Informationswert eines Ergebnisses, das sich ohne vorherige Erwartungen a posteriori oder im Nachhinein plausibel machen lässt“ (Bortz & Weber, 2005, S. 273). Bezüglich der α -Fehler-Korrektur (Korrektur Fehler 1. Art) wird die Auffassung vertreten, dass sie bei a-priori-Kontrasten nicht erforderlich ist und diese folglich mit unkorrigiertem nominellen α -Niveau getestet werden können.

¹⁹ Auf die Kovarianzanalyse (ANCOVA = engl. Analysis of Covariance) wurde als Verfahren zurückgegriffen, da es bzgl. der Interpretation der Ergebnisse Vorteile gegenüber der ANOVA mit Messwiederholung auf einem Faktor bietet (vgl. Dugard & Todman, 1995, S. 186ff).

²⁰ Einseitiges Signifikanzniveau, da eine gerichtete Hypothese vorliegt.

²¹ Einseitiges Signifikanzniveau, da eine gerichtete Hypothese vorliegt.

²² Bei den aufgeführten Mittelwerten handelt es sich um die auf Basis der Kovariaten ermittelten adjustierten Mittelwerte (vgl. Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2010, S. 665).

Zusammenfassend kann für die Hypothese H2 und damit für die Entwicklung von deklarativem Wissen durch die Bearbeitung von technischen Experimenten unter Berücksichtigung der Befundlage nur ein partieller Einfluss der Handlungsmöglichkeiten formuliert werden.

Die zur Überprüfung der Entwicklung des prozeduralen Wissens gerechnete ANCOVA wies durch den Einbezug der Kovariablen bei ungleicher Gruppengröße (*Schülerexperiment* = 89, *Demonstrationsexperiment* = 88, *lesendes Bearbeiten des Experiments* = 80) inhomogene Fehlervarianzen auf ($F(2,254) = 3.229$, $p = .041$), so dass für das weitere Vorgehen die Gruppengröße auf $N = 80$ angeglichen wurde.²³ Dazu wurden Schülerinnen und Schüler aus den zu hoch besetzten Treatmentgruppen per Zufall eliminiert. Nachdem die Gleichbesetzung der Treatmentgruppen vorgenommen wurde, unterscheiden sich die Fehlervarianzen nur noch zufällig (Levene-Test: $F(2,237) = 2.055$, $p = .130$). Anschließend wurde mit dem bereinigten Datensatz von 240 Schülerinnen und Schülern die für die Entwicklung des prozeduralen Wissens formulierte Hypothese H3, dass *die Aneignung von prozeduralem Wissen von den Handlungsmöglichkeiten während der Durchführung technischer Experimente abhängig ist*, zunächst auf Overall-Signifikanz untersucht. Auch für das prozedurale Wissen zeigen sich trotz des Einbezugs der Kovariablen signifikante Unterschiede ($F(2,234) = 7.754$, $p < .001$ ²⁴, $\eta_{\text{part}}^2 = .063$) zwischen den einzelnen Treatmentgruppen, wonach im Anschluss analog zu den Hypothesen H2.1 und H2.2 Einzelvergleiche zwischen den Treatmentgruppen für das prozedurale Wissen im Nachtest vorgenommen werden. Der Kontrast für die Annahme H3.1 (prozedurales Wissen: *Schülerexperiment* versus *Demonstrationsexperiment*) ergab, wie für das deklarative Wissen auch, hochsignifikante Unterschiede im Vergleich der beiden Treatmentgruppen *Schülerexperiment* ($M = -0.315$) und *Demonstrationsexperiment* ($M = -1.077$) zu Gunsten der Treatmentgruppe *Schülerexperiment* ($F(1,234) = 14.405$, $p < .001$ ²⁵, $\eta_{\text{part}}^2 = .058$).²⁶ Den Ergebnissen entsprechend kann damit die Hypothese H3.1 mit einem mittelgroßen Effekt und ausreichender Teststärke angenommen werden. Für den Erwerb prozeduralen Wissens kann festgehalten werden, dass dieser besser gelingt, wenn Schülerinnen und Schüler technische Experimente selbst bearbeiten (*Schülerexperiment*) als wenn sie die Durchführung nur beobachten (*Demonstrationsexperiment*). Der Einzelvergleich für H3.2, (prozedurales Wissen: *Demonstrationsexperiment* versus *lesendes Bearbeiten des Experiments*) verfehlte das Signifikanzniveau nur knapp ($F(1,234) = 3.001$, $p = .085$ ²⁷, $\eta_{\text{part}}^2 = .013$). Der tendenziell signifikante Unterschied zwischen *Demonstrationsexperiment* ($M = -1.077$) und *lesendes Bearbeiten des Experiments* ($M = -0.743$) zu Gunsten der Treatmentgruppe *lesendes Bearbeiten des Experiments* und die damit verbundene Hypothese

²³ Dieses Vorgehen wird insbesondere bei ungleichen Fehlervarianzen empfohlen (vgl. Backhaus, 2008, S. 177; Eschweiler, Evanschitzky & Woisetschläger, 2007, S. 11).

²⁴ Einseitiges Signifikanzniveau, da eine gerichtete Hypothese vorliegt.

²⁵ Einseitiges Signifikanzniveau, da eine gerichtete Hypothese vorliegt.

²⁶ Bei den aufgeführten Mittelwerten handelt es sich um die auf Basis der Kovariaten ermittelten adjustierten Mittelwerte (vgl. Eid et al., 2010, S. 665).

²⁷ Einseitiges Signifikanzniveau, da eine gerichtete Hypothese vorliegt.

muss aufgrund der geringen Effektstärke verworfen und die Nullhypothese, welche keinen Unterschied zwischen den beiden Treatmentgruppen postulierte, beibehalten werden.²⁸

Zusammenfassend kann für die Hypothese H3 und damit für die Entwicklung von prozeduralem Wissen durch die Bearbeitung von technischen Experimenten unter Berücksichtigung der Befundlage nur ein partieller Einfluss der Handlungsmöglichkeiten formuliert werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Zentrum dieses Beitrags steht der Vergleich eines technischen Experiments und das dadurch erworbene Wissen, welches im allgemeinbildenden Technikunterricht als Schüler-, Demonstrationsexperiment und lesend bearbeitet wurde. Anlass für den Vergleich ist die Tatsache, dass in technikdidaktischer Literatur angenommen wird, dass der Wissenserwerb in einem Schülerexperiment am höchsten, in einem Demonstrationsexperiment geringer und in einem rein lesend bearbeiteten technischen Experiment am geringsten ist. Verantwortlich hierfür sind die unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten, d.h. die Möglichkeit der Schülerinnen und Schüler während dem Experimentieren mit dem Versuchsaufbau interagieren zu können. Zusätzlich zu den theoretischen Annahmen legt auch die multimodale Gedächtnistheorie aus kognitionspsychologischer Sicht die Handlungsmöglichkeiten als Einflussfaktor nahe. Trotz intensiver Recherche konnten keine Forschungsarbeiten gefunden werden, die in vergleichender Perspektive dem Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Bearbeitung technischer Experimente im allgemeinbildenden Technikunterricht nachgehen. Dieses Forschungsdefizit aufgreifend wurde ein Untersuchungsdesign entwickelt, welches es dank seiner hohen internen Validität erlaubt, trotz der Komplexität unterrichtlicher Lernprozesse bei der Bearbeitung technischer Experimente, den Einfluss der Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb zu erfassen. In diesem Zusammenhang konnte erstmals der Nachweis erbracht werden, dass deklaratives und prozedurales Wissen empirisch separierbare, jedoch hoch korrelierende Dimensionen des Wissenserwerbs darstellen.

Der Vergleich von Schüler- und Demonstrationsexperiment zeigte, wie erwartet, eine überzufällig größere Wissensentwicklung (deklarativ und prozedural) mit kleinen bis mittleren Effektstärken für Schülerinnen und Schüler die das technische Experiment als Schülerexperiment bearbeiteten. Folglich kann aus den Ergebnissen abgeleitet werden, dass die Handlungsmöglichkeiten, also die Interaktion mit dem real vorhandenen Versuchsaufbau und die selbst geplanten bzw. ausgeführten Handlungen, sowie die daraus generierten Handlungsergebnisse einen höheren (deklarativen und prozeduralen) Wissenserwerb evozieren als Demonstrationsexperimente. Keine eindeutigen Aussagen können für den Vergleich von Demonstrationsexperiment und lesendem Bearbeiten des Experiments getroffen werden. Entgegen den Annahmen konnte keine Überlegenheit des

²⁸ Bei den aufgeführten Mittelwerten handelt es sich um die auf Basis der Kovariaten ermittelten adjustierten Mittelwerte (vgl. Eid et al., 2010, S. 665).

Demonstrationsexperiments gegenüber dem lesenden Bearbeiten des technischen Experiments gefunden werden und der theoretisch angenommene Einfluss der Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb für den Vergleich des Demonstrationsexperiments und dem lesenden Bearbeiten des technischen Experiments nicht nachgewiesen werden.²⁹

Basierend auf den berichteten Ergebnissen ergibt sich eine Vielzahl an Forschungsmöglichkeiten. Dies ist einerseits durch den, wie in Kapitel 2 dargelegt, defizitären Stand der Forschung in allgemeinbildenden Technikunterricht begründet und andererseits durch die in Kapitel 3 vorgestellten Maßnahmen für die Erhöhung der internen Validität. So bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieses Beitrages das technische Experiment in Einzelarbeit, wodurch kooperative Prozesse bewusst exkludiert wurden. Ein Übertrag der berichteten Ergebnisse auf Kleinstgruppen oder Gruppenarbeit scheint nicht zulässig und folglich noch unerforscht.³⁰ Ein gänzlich unerforschter Bereich stellt der Experimentierprozess dar. Des Weiteren konnte mit den berichteten Ergebnissen der Output, bezogen auf das erworbene Wissen, quantitativ fassbar gemacht werden. Inwiefern sich die Experimentierprozesse in Schüler-, Demonstrationsexperimenten und dem lesenden Bearbeiten eines technischen Experiments unterscheiden, blieb bislang unberücksichtigt und ist ebenfalls eine offene Frage. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass 1) sich die Experimentierprozesse von leistungsstarken und leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler unterscheiden und 2) sich Experimentierprozesstypen andeuten, welche z.T. stark von der theoretisch „idealen“ Phasenstruktur des technischen Experiments abweichen (vgl. Fletcher & Walker, 2013).

8 Literaturverzeichnis

- Aebli, H. (2001). Denken: das Ordnen des Tuns Band 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie (3. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Anderson, J. (2001). Kognitive Psychologie (3. Aufl.). Heidelberg [u.a.]: Spektrum Akad. Verl.
- Backhaus, K. (2008). Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. (12., vollst. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bader, R. (1990). Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in der Berufsschule: Zum Begriff "berufliche handlungskompetenz" und zur didaktischen Strukturierung handlungsorientierten Unterrichts. Dortmund: Univ. Dortmund, Hochschuldidakt. Zentrum.
- Barth, U. & Pfeifer, P. (2009). Lehrerfortbildung im Bereich Chemie – eine Chance für die Unterrichtsentwicklung an der Hauptschule. CHEMKON, 16 (2), 67-73.

²⁹ Eine Diskussion über mögliche Ursachen findet sich in Walker (2013).

³⁰ Verstärkt wird die Vermutung von ersten Ergebnissen einer Pilotstudie, welche strukturell bis auf die Inklusion kooperativer Prozesse (Experimentieren in Kleinstgruppen) identisch mit der hier berichteten ist.

- Baumert, J., Roeder, P. M., Sang, F. & Schmitz, B. (1986). Leistungsentwicklung und Ausgleich von Leistungsunterschieden in Gymnasialklassen. *Zeitschrift für Pädagogik* (32), 639-660.
- Bäuml-Roßnagl, M.-A. (1981). Das Unterrichtsexperiment im Urteil der Lehrer. Ergebnisse einer Lehrerbefragung zur Durchführung von Experimenten im Grundschulunterricht. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarschule* (4), 156-163.
- Blandow, D., Bösenberg, A. & Sachs, C. (1981). Experimente im polytechnischen Unterricht: Mechanische Technologie Maschinenkunde Steuerungs- und Regelungstechnik Elektrotechnik. Berlin: Volk und Wissen.
- Bleher, W. (2008). Konstruktionsaufgabe als Methode im Technikunterricht: Befunde einer empirischen Studie an Hauptschulen. *Unterricht Arbeit + Technik* (37), 59-61.
- Bloy, W. & Bloy, I. (2000). Umgang mit Lernfeldern im bautechnischen Unterricht: Planung und Durchführung. Hamburg: Handwerk und Technik.
- Bloy, W. & Pahl, J.-P. (Hrsg.). (1995). Das Unterrichtsverfahren Technisches Experiment: Beiträge zum Handlungslernen in der Versorgungstechnik. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Weber, R. (2005). *Statistik: für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. vollst. überarb. und aktualisierte Aufl.). Berlin: Springer.
- Buchner, A., Erdfelder, E. & Faul, F. (2011) G* Power (Version 3.1.3) [Computer software]. Verfügbar unter <http://www.psych.uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/download-and-register>.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). München: Pearson Studium.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson Studium.
- Buhr, R. & Hartmann, E. (2008). *Technische Bildung für Alle: Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik*. Berlin: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.
- Bünning, F. (2006). *Experimentierendes Lernen in der Holz- und Bautechnik fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder Bau- und Holztechnik*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Bünning, F. (2008). *Experimentierendes Lernen in der Bau- und Holztechnik: -Entwicklung eines fachdidaktisch begründeten Experimentalkonzepts als Grundlage für die Realisierung eines handlungsorientierten Unterrichts für die Berufsfelder der Bau- und Holztechnik-*. Magdeburg: Universität Magdeburg.
- Carlson, J. (2011). Statistical Models for Vertical Linking. In A. A. von Davier (Hrsg.), *Statistical Models for Test Equating, Scaling, and Linking* (S. 59–70). New York: Springer.

- Cunningham, H. (1946). Lecture demonstration versus individual laboratory method in science teaching—A summary. *Science Education*, 30 (2), 70-82.
- Davier, M. von & Davier, A. von. (2011). A General Model for IRT Scale Linking and Scale Transformations. In A. A. von Davier (Hrsg.), *Statistical Models for Test Equating, Scaling, and Linking* (S. 225–242). New York: Springer.
- Dugard, P. & Todman, J. (1995). Analysis of Pre-test-Post-test Control Group Designs in Educational Research. *Educational Psychology*, 15 (2), 181-198.
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2010). *Statistik und Forschungsmethoden* (1. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Embretson, S. & Reise, S. (2000). *Item response theory for psychologists*. New York, NY: Psychology Press.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache Bildern und Handlungen*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Engelkamp, J. (1997). *Das Erinnern eigener Handlungen*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Eschweiler, M., Evanschitzky, H. & Woisetschlager, D. (2007). Laborexperimente in der Marketingwissenschaft: Bestandaufnahme und Leitfaden bei varianzanalytischen Auswertungen (Arbeitspapiere des Betriebswirtschaftlichen Instituts für Anlagen und Systemtechnologien, Nr. 45). Münster: IAS.
- Fletcher, S. & Walker, F. (2013, Februar). Prozessbezogene Videoanalysen von technischen Experimenten. 2. Frankfurter Tagung zu Videoanalysen in der Unte, Frankfurt am Main.
- Garrett, R. & Roberts, I. (1982). Demonstration versus Small Group Practical Work in Science Education. A critical review of studies since 1900. *Studies in science education*, 9, 109-146.
- Glasson, G. (1989). The effects of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 121-131.
- Göbbling, J. (2010). *Selbständig entdeckendes Experimentieren – Lernwirksamkeit der Strategieranwendung*. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2008). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin: Springer.
- Hartig, J., Jude, N. & Wagner, W. (2008). Methodische Grundlagen der Messung und Erklärung sprachlicher Kompetenzen. In E. Klieme (Hrsg.), *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Ergebnisse der DESI-Studie* (S. 34–54). Weinheim: Beltz.
- Hartig, J. & Kühnbach, O. (2006). Schätzung von Veränderung mit „plausible values“ in mehrdimensionalen Rasch-Modellen. In A. Ittel & H. Merkens (Hrsg.), *Veränderungsmessung und Längsschnittstudien in der empirischen Erziehungswissenschaft* (S. 27–44). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Henseler, K. & Höpken, G. (1996). *Methodik des Technikunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Höpken, G. (2003). *Standards für eine allgemeine technische Bildung*. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl.
- Hüttner, A. (2005). *Technik unterrichten: Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht (2. Aufl.)*. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer.
- Jankisz, E. & Moosbrugger, H. (2008). Planung und Entwicklung von psychologischen Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 28–72). Berlin: Springer.
- Jude, N. (2006). IRT-Skalierung mit ConQuest: Workshop für das Nachwuchsnetzwerk Deutschdidaktik. Zugriff am 05.05.2011. Verfügbar unter http://www.symposium-deutschdidaktik.de/fileadmin/template/download/aktivitaeten/nachwuchsnetzwerk/Folien_Jude.pdf.
- Killermann, W. (1996). Biology education in Germany: Research into the effectiveness of different teaching methods. *International Journal of Science Education*, 18 (3), 333-346.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Zeitschrift für Psychologie in Erziehung und Unterricht* (44), 185-201.
- Kubinger, K. & Draxler, C. (2007). Probleme bei der Testkonstruktion nach dem Rasch-Modell. *Diagnostica*, 53 (3), 131-143.
- Künsting, J. (2007). Einflüsse auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen: die Rolle inhaltlichen Vorwissens für lernwirksame Strategienutzung und der Vergleich unterschiedlicher Zielvorgaben in Experimentiersituationen. Saarbrücken: VDM Verl. Dr. Müller.
- Majerich, D. (2004). Developing understandings of chemistry in a large-enrollment science lecture demonstration-based course for non-majors: The extent of meaningful learning and implications for practice. Philadelphia (Ed. D. Dissertation).
- Moosbrugger, H. (2008). Item-Response-Theorie (IRT). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 216–239). Berlin: Springer.
- Nashan, R. & Ott, B. (1995). *Unterrichtspraxis Metalltechnik, Maschinentchnik: Didaktisch-methodische Grundlagen für Schule und Betrieb* (2., unveränd. Aufl.). Bonn: Dümmler.
- Oswald, M. & Gadenne V. (1984). Wissen, Können und künstliche Intelligenz. Die Konzeption des deklarativen und prozeduralen Wissens: Eine Analyse der Konzeption des deklarativen und prozeduralen Wissens. *Sprache & Kognition* (3), 173-184.
- Ott, B. & Pyzalla, G. (2003). Versuchsorientierter Technikunterricht im Lernfeldkonzept. In B. Bonz & B. Ott (Hrsg.), *Allgemeine Technikdidaktik - Theorieansätze und Praxisbezüge (Berufsbildung konkret, Bd. 6, S. 117–147)*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Pahl, J.-P. (2007). *Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren: Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik (Berufsbildung, Arbeit und Innovation. Studentexte, Band 2, 2. Druck-Aufl.)*. Bielefeld: Bertelsmann.

- Pahl, J.-P. (2008). Bausteine beruflichen Lernens im Bereich "Arbeit und Technik": Teil 2: Methodische Grundlegungen und Konzeptionen (3., erw. u. aktualisierte Aufl.). Bielefeld: Bertelsmann.
- Pahl, J.-P. & Ruppel, A. (1998). Bausteine beruflichen Lernens im Bereich Technik 2 Methodische Konzeptionen für den Lernbereich Technik. Alsbach: Leuchtturm-Verl.
- Pahl, J.-P. & Vermehr, B. (1995). Des Unterrichtsverfahren Technisches Experiment. In W. Bloy & J.-P. Pahl (Hrsg.), Das Unterrichtsverfahren Technisches Experiment. Beiträge zum Handlungslernen in der Versorgungstechnik (S. 45–68). Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Pätzold, G., Wingels, J. & Klusmeyer, J. (2003). Methoden im berufsbezogenen Unterricht: Einsatzhäufigkeit, Bedingungen und Perspektiven. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), Beiheft: Bd. 17, 118-130.
- Rasch, B., Friese, M., Homann, W. & Naumann, E. (2006a). Quantitative Methoden: Einführung in die Statistik (Bd. 1). Berlin: Springer.
- Rasch, B., Friese, M., Homann, W. & Naumann, E. (2006b). Quantitative Methoden: Einführung in die Statistik (Bd. 2). Berlin: Springer.
- Rauch, D. & Hartig, J. (2008). Interpretation von Testwerten in der IRT. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (S. 240–256). Berlin: Springer.
- Rauner, F. (1985) Experimentierendes Lernen in der technischen Bildung. In Hochschule (Hrsg.), Experimentelle Statik an Fachhochschulen. Didaktik Technik Organisation Anwendung ; Seminar an der Hochschule Bremen 13. und 14. Dezember 1984 (S. 15–39). Hochschuldidaktische Materialien: Bd. 6. Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- Rost, J. (1996). Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion (1. Aufl.). Bern [u.a.]: Huber.
- Rost, J. (1999). Was ist aus dem Rasch-Modell geworden? Psychologische Rundschau, 50 (3), 140-156.
- Ryle, G. (1969). Der Begriff des Geistes. Stuttgart: Reclam.
- Sachs, C. (1975). Experimentelle Tätigkeit im polytechnischen Unterricht. Polytechnische Bildung und Erziehung, 17 (12), 477-482.
- Sachs, C. (1994). Experimentieren im Technikunterricht. Unterricht Arbeit + Technik, 4 (13), 4-9.
- Scheid, K. (1913). Methodik des chemischen Unterrichts. Leipzig: Quelle u. Meyer.
- Schiefele, U. (1996). Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Schmayl, W. (1982). Das Experiment im Technikunterricht: Methodologische und didaktische Studien zur Grundlegung einer Unterrichtsmethode (Texte zur mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Forschung und Lehre, Bd. 11). Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Schnell, R., Hill, P. & Esser, E. (2008). Methoden der empirischen Sozialforschung (8., unveränd.). München [u.a.]: Oldenbourg.

- Seel, N. (2000). *Psychologie des Lernens: Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen*. München [u.a.]: Reinhardt.
- Seifert, H. & Weitz, B. (1999). *Handlungsorientierte Methoden und ihre Umsetzung*. Bad Homburg vor der Höhe: Gehlen.
- Steffens, K. (1985). *Experimentelle Statik an Fachhochschulen: Didaktik Technik Organisation Anwendung ; Seminar an der Hochschule Bremen 13. und 14. Dezember 1984 (Hochschuldidaktische Materialien, Bd. 6) (Hochschule, Hrsg.). Hochschuldidaktische Materialien: Bd. 6*. Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- Steffens, M. (2007). Memory for goal-directed sequences of actions: Is doing better than seeing? *Psychonomic Bulletin & Review*, 14 (6), 1194-1198.
- Süß, H.-M. (1996). *Intelligenz, Wissen und Problemlösen: kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Thillmann, H. (2007). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren von der Erfassung zur Förderung*. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Walker, F. (2013). *Der Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Durchführung technischer Experimente*: Universität Duisburg-Essen.
- Walter, O. (2005). *Kompetenzmessung in den PISA-Studien: Simulationen zur Schätzung von Verteilungsparametern und Reliabilitäten (1. Aufl.)*. Lengerich [u.a.]: Pabst.
- Walter, O. & Rost, J. (2011). *Psychometrische Grundlagen von Large Scale Assessments*. In L. F. Hornke, M. Amelang & M. Kersting (Hrsg.), *Methoden der psychologischen Diagnostik (Psychologische Diagnostik, Bd. 2, [Vollst. Neuausg.], S. 87–149)*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Warm, T. (1989). Weighted likelihood estimation of ability in item response theory. *Psychometrika*, 54 (3), 427-450.
- Weltner, K. & Warnkross, K. (1974). Über den Einfluss von Schülerexperimenten, Demonstrationsunterricht und informierendem Physikunterricht auf Lernerfolg und Einstellung der Schüler. In L. Roth (Hrsg.), *Beiträge zur empirischen Unterrichtsforschung (2.Aufl., S. 120–134)*. Hannover [u.a.]: Schroedel.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wöll, G. (2004). *Handeln: Lernen durch Erfahrung: Handlungsorientierung und Projektunterricht (Grundlagen der Schulpädagogik, Bd. 23, 2. Aufl.)*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Wright, B. & Linacre, M. (1994). Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8 (3), 370. 09.06.2011. <http://www.rasch.org/rmt/rmt83b.htm>.
- Wu, M. & Adams, R. (2007). *Applying the Rasch model to psycho-social measurement: A practical approach*. Melbourne: Educational Measurement Solutions.
- Wu, M., Adams, R., Wilson, M. & Haldane, S. (2007). *ACER ConQuest: Version 2.0. Generalised Item Response Modelling Software*. Camberwell: ACER Press.

Autor

Dr. Felix Walker

Universität Stuttgart

Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik

Geschwister-Scholl-Straße 24D, D-70174 Stuttgart

walker@bwt.uni-stuttgart.de

Zitieren dieses Beitrages:

Walker, F. (2013): Das technische Experiment – Ein Vergleich von Schüler-, Demonstrationsexperiment und dem lesenden Bearbeiten von Experimenten. Journal of Technical Education (JOTED), 1(1), S. 75-97.