

Experimente und Versuche

Andreas Hartinger

Es gilt als Zeichen eines engagierten und guten Sachunterrichts, wenn Schüler/innen Experimente durchführen oder wenn anhand von Versuchen Sachverhalte verdeutlicht werden. Dennoch wurde über die Bedeutung und die Durchführbarkeit von Experimenten und Versuchen im Sachunterricht (ebenso in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken) während der letzten Jahrzehnte häufig und heftig diskutiert (vgl. z. B. Bauer 1984). Ziel dieses Beitrages ist es, Möglichkeiten und Grenzen des Experimentierens im Sachunterricht zu skizzieren. Wenn ich zu Beginn verschiedene Begrifflichkeiten etwas genauer betrachte, so geschieht dies nicht vorrangig aus Freude an der theoretischen Beschäftigung. Doch entstehen m.E. einige Probleme durch eine unklare Begrifflichkeit, was letztendlich dazu führt, dass die eindeutigen Vorzüge dieser Formen der Unterrichtsgestaltung nicht mehr deutlich werden. Dies gilt v.a. für die begriffliche Unterscheidung zwischen ‚Experiment‘ und ‚Versuch‘.

1 Historisches / Begriffliches

Die Idee, das Experiment als grundlegende (natur-)wissenschaftliche Erkenntnismethode bereits im Sachunterricht der Grundschule intensiv zu berücksichtigen, ist zwar nicht erst in den 1960er Jahren geboren worden, sie wurde jedoch spätestens in dieser Zeit durch die Orientierung des Sachunterrichts an Konzepten und Verfahren der Naturwissenschaft besonders betont. Besonders deutlich wird dies bei SAPA (Science – A Process Approach) (vgl. AfU 1971; Lauterbach 2001). Primäres Ziel dieser Sachunterrichtskonzeption war es, dass Kinder naturwissenschaftliche Verfahren (Methoden) beherrschen. Das ‚Experimentieren‘ steht dabei an der Spitze dieser Verfahren – es ist erst dann möglich, wenn die hierarchisch niedrigeren Verfahren, wie z.B. ‚Klassifizieren‘, ‚Schlussfolgern‘, ‚Formulieren von Hypothesen‘ und ‚Variablenkontrolle‘ beherrscht werden (Lauterbach 2001, S. 112).

Ein zentraler Punkt der Debatte um Experimente im (Sach-)Unterricht ist die Frage, inwieweit das Experiment als zentrale Erkenntnismethode der (natur-)wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung für Grundschul Kinder umgesetzt werden kann bzw. ob das, was in der Praxis durchgeführt wird, als Experiment bezeichnet werden kann.¹ Dies führt zur Frage, was denn genau ein Experiment ist. Die Lexikondefinition, die H. Unglaube zitiert, ist idealtypisch und nachvollziehbar:

¹Diese Diskussion kann häufig auf die Grundfrage zurückgeführt werden, inwieweit Schüler/innen in der Lage sind, naturwissenschaftlich zu denken bzw. wie ‚wissenschaftlich‘ der Sachunterricht sein sollte. Zum aktuellen Stand der Diskussion vgl. z.B. GDSU 2002, Kahlert 2002, S. 151ff.

„Das Experiment ist die wichtigste empirische Methode der modernen Naturwissenschaft [...] Grundforderungen, die an das Experiment gestellt werden, sind planmäßige Vorbereitung, Wiederholbarkeit zu beliebiger Zeit und an beliebigem Ort zum Zweck der Ausschaltung von Zufallsmomenten und im Sinne der allgemeinen Nachprüfbarkeit sowie die Variierbarkeit der Bedingungen des Experiments“ (Der Große Brockhaus 1983, S. 295, zitiert in Unglaube 1997, S. 226).

Damit setzt ein Experiment – dies wird nicht immer deutlich – eine Hypothese bzw. Erkenntnis *vor*aus, die durch das Experiment lediglich bestätigt oder falsifiziert werden soll (vgl. Muckenfuß 1995, S. 335). Wenn eine neue Erkenntnis durch eine (→) Beobachtung erst gewonnen wird, so handelt es sich streng genommen nicht um ein Experiment.

„Versuche“ hingegen müssen nicht unbedingt der Bestätigung einer Hypothese dienen. Ihre Aufgabe kann es ebenso sein, Phänomene zu präsentieren oder veranschaulichend zu wirken, indem ein theoretisch gelernter Sachverhalt nachvollzogen wird (Muckenfuß 1995, S. 338). Wenn also z.B. bei der Beschäftigung mit dem Phänomen ‚Schall‘ die Zeit gemessen wird, die zwischen dem Schlagen auf eine Trommel und dem Hören einige hundert Meter entfernt vergeht, wenn in diesem Zusammenhang Sandkörner auf dem Fell der Trommel beobachtet werden o.ä., so handelt es sich nicht um Experimente, sondern um Versuche.

In seiner Analyse zeigt H. Schreier, dass es nicht gelungen ist, Experimente im naturwissenschaftlichen Verständnis sinnvoll in den Sachunterricht zu übertragen, weder „als Kulminationspunkt eines aufwendig angelegten Curriculums“ noch als „vorbereitete und wohl abgesicherte Repetition kleiner Versuche aus dem Kanon des längst Erwiesenen“ (Schreier 1993, S. 14). Aus diesem Grund werde ich im Folgenden nicht mehr von ‚Experimenten‘ sprechen, sondern von ‚Versuchen‘. Damit möchte ich jedoch auf keinen Fall einer Trivialisierung des Sachunterrichts das Wort reden. Es wird zu zeigen sein, wie Versuche im Sachunterricht durchgeführt werden sollten, um *auch* die (Fach-)Wissenschaftlichkeit des Sachunterrichts zu unterstützen.

Neben dieser Differenzierung zwischen ‚Experimenten‘ und ‚Versuchen‘ gibt es noch weitere Unterteilungen, die für den Unterricht relevant sind.

Die erste Einteilung basiert auf der Frage nach dem Hauptakteur: Versuche können vom Lehrer durchgeführt werden – sie sind dann *Demonstrationsversuche*. Sie können aber auch als *Schülerversuche* realisiert werden. Ziel ist dann das selbstständige Agieren und das Durchführen praktischer Handlungen durch die Schüler/innen (Kircher, Girwidz & Häußler 2000, S. 262).

Eine weitere Unterteilung ist die zwischen Versuchen, die großen *apparativen Aufwand* benötigen, wie z.B. Messgeräte o.ä., und so genannten ‚*Freihandversuchen*‘ (vgl. ebd. S. 263). Letztere sind für den Sachunterricht nicht nur durch den geringeren organisatorischen Aufwand attraktiv; sie sind häufig auch besonders geeignet, (→) Phänomene aus der Erfahrungswelt der Schüler/innen aufzugreifen.

Eine dritte Einteilung bezieht sich auf den didaktischen Ort, an dem ein Versuch durchgeführt wurde. Als Einstieg dient er v.a. dazu, eine Fragestellung aufzubauen oder für die Themenstellung zu motivieren. In Erarbeitungsphasen können Versuche helfen, Fragen zu klären oder Theorien zu überprüfen. Am Ende einer Sequenz ist das Ziel eher, das Gelernte zu vertiefen oder Anwendungsmöglichkeiten zu zeigen (vgl. ebd.).

2 Bedeutung von Versuchen für den Sachunterricht

Es ist schwierig, die erhofften bzw. bezweckten positiven Effekte von Versuchen im Sachunterricht zu fixieren, da diese Effekte sehr davon abhängen, welche Art von Versuchen durchgeführt wird. Dennoch finden sich immer wieder folgende Argumente.

a) Versuche dienen der Veranschaulichung und damit dem Verständnis des Gelernten.

Die Gründe dafür liegen auf der Hand. Durch Versuche werden häufig Sachverhalte visualisiert und plastisch deutlich. Bei Schülerversuchen kommt hinzu, dass durch das eigene Tun Konstruktionsprozesse unterstützt werden können, die für den Aufbau neuen Wissens entscheidend sind (vgl. Aebli 1994; Möller 1999; vgl. auch (→) Bauen).

Ein überzeugendes Beispiel für diese These findet sich z.B. bei Wiesner (1995), der anhand eines Demonstrationsversuches die Stromkreisvorstellung veranschaulicht hat und damit recht gute Erfolge erzielen konnte (vgl. zur Effektivität von Demonstrationsversuchen auch Füller 1992). Dass auch Schülerversuche sehr effektiv für das Verstehen komplexer Konzepte sein können, zeigte sich z.B. in verschiedenen Untersuchungen zu moderat konstruktivistischen Lernumgebungen von Möller zum Thema ‚Auftrieb‘ (z.B. Möller 1999; Stern, Möller, Hardy & Jonen 2002).

b) Versuche können helfen, Schüler/innen für Fragestellungen und deren Lösung zu motivieren.

Dies gilt v.a. dann, wenn durch Versuche – z.B. am Anfang einer Unterrichtssequenz – ein bestimmtes Phänomen vorgeführt wird oder wenn sie aus dem Alltag der Schüler/innen stammen. Geeignet sind hierzu v.a. auch die Freihandexperimente. Gute Beispiele dafür sind die Ausgangssituationen bei Wagenschein (z.B. 1990; vgl. auch (→) Lernen an Phänomenen).

Nicht zu unterschätzen sind hier auch längerfristige Effekte gerade durch Schülerversuche. Aus motivationspsychologischen Untersuchungen ist bekannt, dass der Wunsch, selbstbestimmt aktiv zu sein, zentral für Aufbau und Erhalt intrinsischer Motivation ist (vgl. z.B. Deci & Ryan 1993; Hartinger & Fölling-Albers 2002). So konnte auch gezeigt werden, dass Schülerexperimente helfen können, den bekannten Abwärtstrend hinsichtlich des Interesses an den Unterrichtsthemen und hinsichtlich der Einstellung zum Unterricht etwas zu dämpfen (Füller 1992). Die Untersuchung von Füller wurde zwar im Rahmen des Biologieunterrichts an einem Gymnasium mit Schüler/innen der 5. bis 7. Jgstf. durch-

geführt, die Ergebnisse dürften aber auch für den Sachunterricht der Grundschule gelten; bestätigt wird dies auch durch Befunde zur Interessensförderlichkeit ‚Handlungsorientierten Unterrichtens‘ (Hartinger 1997).

c) Durch Versuche kann (natur)wissenschaftliches Denken unterstützt werden, und es können (natur-)wissenschaftliche Arbeitsweisen gelernt werden.

Auch wenn man sich nicht an der Reinform des (natur)wissenschaftlichen Experimentes orientiert, so können Versuche im Unterricht dennoch helfen, z.B. das (→) Beobachten zu schulen. Darüber hinaus gibt es aber auch überzeugende Beispiele in der Literatur, wie Schüler/innen eigenständig Versuche planen, mit denen sie bestimmten Fragestellungen nachgehen, wie z.B., weshalb ein Ball springt (Thiel 1987), ob ‚warme Mützen‘ wirklich warm sind (Schreier 1993, S. 15) oder ob Wasser ‚mehr‘ wird, wenn es friert (Unglaube 1997, S. 230). Bei all diesen Berichten ist festzustellen, dass die Schüler/innen durchaus in der Lage waren, methodisch vorzugehen, indem sie den Versuchsaufbau präzise planten, indem sie genau beobachteten, indem sie ihre Beobachtungsdaten verglichen, und indem sie die Bedingungen systematisch variierten – und gerade Letzteres ist ja das zentrale Kennzeichen eines wissenschaftlichen Experimentes. Ergebnisse der Pädagogischen Psychologie bestätigen ebenfalls, dass Kinder deutlich früher zu wissenschaftlichem, theoretischem Denken in der Lage sind, als man es in der Piagetschen Tradition vermutet hat (vgl. z.B. Sodian & Thoermer 2002; Stern et al. 2002).

d) Versuche bieten eine Möglichkeit, die Erfahrungen von Kindern aufzugreifen und sie mit fachwissenschaftlichen Verfahren zu verknüpfen.

In diesem kleinen Beitrag fehlt der Platz, um die Ziele des Sachunterrichts genauer zu explizieren (vgl. z.B. Kahlert 2002). Deshalb an dieser Stelle nur so viel: Der Sachunterricht hat eine doppelte Aufgabe: Soll er bildungswirksam sein, muss er gleichzeitig die aktuellen „Fragen, Interessen und Lernbedürfnisse von Kindern berücksichtigen sowie das in Fachkulturen erarbeitete, gepflegte und weiter zu entwickelnde Wissen nutzen“ (GDSU 2002, S. 9), wobei zu diesem Wissen natürlich auch die Erkenntnismethoden zählen.

Versuche können meines Erachtens nach helfen, diese beide Bereiche harmonisch miteinander zu verbinden. Wie eben dargestellt können sie fachwissenschaftliches Denken und Arbeiten unterstützen. Auf der anderen Seite zeigen z. B. die oben angeführten Beiträge recht überzeugend, dass es durch Versuche gut möglich ist, Fragen von Schüler/innen aufzugreifen bzw. – was meiner Ansicht nach gerade in der Schule fast noch wichtiger ist – neue und für die Kinder interessante Fragen aufzuwerfen, die sie dann selbstständig bearbeiten.

3 Konsequenzen für den Sachunterricht

a) Die Vorschläge für Lehrer- und Schülerversuche, die insbesondere im Zusammenhang mit den auf das deutsche Schulsystem übertragenen Konzeptionen SAPA und SCIS (Science Curriculum Improvement Study; vgl. z.B. Spreckelsen 2001) ausgearbeitet wurden, sind höchst elaboriert. In der Unterrichtspraxis

waren sie jedoch nicht lange wirksam. Das Problem lag dabei jedoch nicht in den Versuchen selbst. Diese sind auch heute noch aktuell, durchführbar und grundsätzlich sicherlich geeignet, Kinder zu motivieren und zum Denken anzuregen. Die Schwierigkeit entstand vielmehr dadurch, dass die Versuche in ein festgelegtes, ‚geschlossenes‘ Curriculum eingebettet wurden, in dem nach einer inneren (aus der Fachwissenschaft entnommenen) Logik vorgegangen wurde. Die Versuche entwickelten sich damit nicht aus den Fragen und Interessen der Schüler/innen. Unglaube formuliert das recht deutlich: „Zumeist gaben die im Unterricht von den Kindern durchgeführten Experimente schon bereits zuvor festgelegte Antworten auf Fragen, die sie noch gar nicht gestellt hatten. Damit erschöpfte sich das Lernen vielfach im Auswendiglernen von Begriffen und Fachausdrücken“ (1997, S. 228).¹

Wie kann dies verhindert werden? Hierzu gibt es m.E. verschiedene Möglichkeiten. Die erste besteht darin, *Fragen der Schüler/innen aufzugreifen* (vgl. z.B. Götz 1991), um zu verhindern, dass das Lernen von Begriffen und nicht die Beantwortung der Frage im Vordergrund steht. Solche Fragen können sich aus dem aktuellen Unterricht, aber auch aus dem außerschulischen Leben der Schüler/innen ergeben.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, *‚Experimentiertische‘* oder *‚Forscherecken‘* im Klassenzimmer einzurichten (vgl. auch Unglaube 1997, S. 231ff). Unglaube beschreibt einen Materialtisch zum Thema „Licht und Schatten“; Vergleichbares lässt sich aber auch zu vielen anderen Themen des Sachunterrichts denken (um nur ein paar Beispiele zu nennen: „Zeit“, „Brücken“, „Strom“ oder „Magnete“). Hier ist es m.E. durchaus auch legitim, wenn Lehrer/innen solche Themen vorgeben. Solche Themenkomplexe sind breit genug, so dass üblicherweise die meisten Kinder wohl Versuche oder Fragen finden, mit denen sie sich gerne beschäftigen möchten (vgl. auch Hartinger 2002).

Während solche thematisch gebundenen Forscherecken wohl zeitlich einzugrenzen sind, so ist eine fest installierte *‚Grundausrüstung von Experimentiermaterial im Klassenzimmer‘* (wie z.B. Plastikschüsseln, Messbecher, Gummiringe, Knetmasse, Räder, Stoppuhren, Taschenlampen, Pipetten u.a.; eine sehr brauchbare Liste findet sich bei Unglaube 1997, S. 235) sicherlich sinnvoll, um eine Kultur des Experimentierens bzw. Versuchens in einer Klasse zu unterstützen und damit die Schüler/innen zu ermutigen, ihren Fragen an die Welt nachzugehen.

¹Nur um Missverständnisse zu vermeiden: Die Ansätze wie SAPA, SCIS oder ESS konnten sich zwar weder in Deutschland noch in den USA auf Dauer durchsetzen. Sie haben jedoch ganz massiv dazu beigetragen, Sachunterricht weiter zu entwickeln. Es ist auch durchaus nicht so, dass sie für Schüler/innen in erster Linie negativ und unmotivierend gewesen wären. Die Metaanalyse von Bredderman (1983) zeigt eindeutig, dass sie im Vergleich zu einem schulbuchorientierten Unterricht motivierender waren und dass die Schüler/innen im Durchschnitt deutlich positivere Einstellungen hinsichtlich des Unterrichts und der Naturwissenschaft allgemein entwickelten. Die dort beschriebenen Versuche sind auch ausgezeichnete Anregungen und eine sehr gute Fundquelle (vgl. z.B. AFU 1971; Spreckelsen 1973).

b) Schüler/innen sollten ihre Versuche in irgendeiner Form *notieren oder verbalisieren*. Damit sind sie zum einen gehalten, ihre Erkenntnisse auf den Punkt zu bringen und damit den Ertrag ihres Versuchs zu präzisieren. Zum anderen können dadurch auch weiterführende Diskussionen mit den Mitschüler/innen angeregt werden (vgl. die Beispiele in Wagenschein 1990). Für Lehrer/innen bieten solche Verbalisierungen zusätzlich auch eine gute Möglichkeit, den Kenntnisstand der Schüler/innen zu analysieren (vgl. dazu z.B. auch Spreckelsen 2002).

c) Auch wenn ich mich oben dagegen ausgesprochen habe, sich im Sachunterricht mit dem ‚großen Anspruch‘ des naturwissenschaftlichen Experimentes zu belasten, so denke ich dennoch, dass die Schüler/innen angehalten und ermutigt werden sollen, in ihren Versuchen nicht nur nach Anleitung etwas zu basteln (das geschieht üblicherweise in den Büchern mit dem Begriff „Schülerexperimente“ im Titel), sondern eigenen Fragestellungen präzise nachzugehen (vgl. dazu auch Bauer 1984). Dabei sollte der *Zusammenhang zwischen der Fragestellung und dem Versuch, mit dem diese Fragestellung geklärt werden soll*, immer deutlich sein. Lehrer/innen können und sollen bei solchen Versuchen ihre Schüler/innen durch Strukturierung oder Komplexitätsreduktion durchaus unterstützen (vgl. z.B. Möller, Jonen, Hardy & Stern im Druck).

Wenn es so gelingt, dass Schüler/innen weitgehend selbstständig Versuche erdenken, durchführen und auswerten können, und wenn die Kinder damit ihren Fragen an die Natur nachgehen, so ist dies meines Erachtens nahezu eine Optimalform, wie die Ansprüche der Fachwissenschaften und die kindlichen Bedürfnisse im Sachunterricht miteinander verknüpft werden können.

Literatur zur theoretischen Grundlegung

Aebli, Hans (1994), Zwölf Grundformen des Lehrens, 8.Aufl., Stuttgart

Bauer, Herbert F. (1984), Das Grundschulkind und das naturwissenschaftliche Experiment – Irrungen?, in: Herbert F. Bauer & Walter Köhnlein (Hrsg.), Problemfeld Natur und Technik, Bad Heilbrunn, S. 164-172

Bredderman, Ted (1983), Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis, Review of Educational Research, 53, S. 499-518

Deci, Edward L. & Ryan, Richard M. (1993), Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik, Zeitschrift für Pädagogik, 39, S. 223-238

Füller, Franz (1992), Biologische Unterrichtsexperimente. Bedeutung und Effektivität, München, Inauguraldissertation

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2002), Perspektivrahmen Sachunterricht, GDSU-Info, H. 21, S. 8-39

- Hartinger, Andreas (1997), *Interessenförderung. Eine Studie zum Sachunterricht*, Bad Heilbrunn
- Hartinger, Andreas (2002), *Selbstbestimmungsempfinden in offenen Lernsituationen. Eine Pilotstudie zum Sachunterricht*, in: Kay Spreckelsen, Kornelia Möller, Andreas Hartinger (Hrsg.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht*, Bad Heilbrunn, S. 174-184
- Hartinger, Andreas & Fölling-Albers, Maria (2002), *Kinder motivieren und interessieren. Befunde aus der Forschung – Anregungen für die Praxis*, Bad Heilbrunn
- Kahlert, Joachim (2002), *Der Sachunterricht und seine Didaktik*, Bad Heilbrunn
- Kircher, Ernst, Girwitz, Raimund & Häußler, Peter (2000), *Physikdidaktik. Eine Einführung in Theorie und Praxis*, Braunschweig-Wiesbaden
- Lauterbach, Roland (2001), „Science – A Process Approach“ revisted – Erinnerungen an einen „Weg in die Naturwissenschaft“, in: Walter Köhnlein & Helmut Schreier (Hrsg.), *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen*, Bad Heilbrunn, S. 103-131
- Möller, Kornelia (1999), *Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozeßforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts*, in: Walter Köhnlein, Brunhilde Marquardt-Mau & Helmut Schreier (Hrsg.), *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht*, Bad Heilbrunn, S. 125-191
- Möller, Kornelia, Jonen, Angela, Hardy, Ilonca & Stern, Elsbeth (im Druck), *Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis von Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung*, in: *Zeitschrift für Pädagogik*, 43. Beiheft
- Muckenfuß, Heinz (1995), *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*, Stuttgart
- Sodian, Beate & Thoermer, Claudia (2002), *Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Koordination von Theorie und Evidenz*, in: Kay Spreckelsen, Kornelia Möller, Andreas Hartinger (Hrsg.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht*, Bad Heilbrunn, S. 105-117
- Spreckelsen, Kay (1973), *Physik/Chemie: Basiskonzepte*, in: Lothar F. Katzenberger (Hrsg.), *Der Sachunterricht der Grundschule in Theorie und Praxis. Ein Handbuch für Studierende und Lehrer*, Ansbach, S. 271-320

- Spreckelsen, Kay (2001), SCIS und das Konzept eines strukturbezogenen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule, in: Walter Köhnlein & Helmut Schreier (Hrsg.), *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen*, Bad Heilbrunn, S. 85-102
- Spreckelsen, Kay (2002), Nachdenken über physikalische Probleme. Eine Untersuchung zum A/K-Wert in der Begegnung von Grundschulern mit physikalischen Phänomenen, in: Kay Spreckelsen, Kornelia Möller, Andreas Hartinger (Hrsg.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht*, Bad Heilbrunn, S. 133-144
- Stern, Elsbeth, Möller, Kornelia, Hardy, Ilonca & Jonen, Angela (2002), Warum schwimmt ein Baumstamm?, in: *Physik Journal* 1, H.3, S. 63-67

Literatur zur praktischen Umsetzung

- Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung (AfU) (1971), *Weg in die Naturwissenschaft. Ein verfahrensorientiertes Curriculum im 1. Schuljahr*, Stuttgart
- Götz, Margarete (1991), Weiß die Ameise, daß sie Ameise heißt? Überlegungen zur pädagogischen und didaktischen Bedeutung von Kinderfragen im Sachunterricht, *Grundschule*, 23, H. 11, S. 51-54
- Schreier, Helmut (1993), *Der Mehlwurm im Schuhkarton*, Kronshagen
- Thiel, Siegfried (1987), Wie springt ein Ball?, in: *Grundschule*, 19, H. 1, S. 18-23
- Unglaube, Henning (1997), *Experimente im Sachunterricht*, in: Richard Meier, Henning Unglaube & Gabriele Faust-Siehl (Hrsg.), *Sachunterricht in der Grundschule*, Frankfurt a.M, S. 224-236
- Wagenschein, Martin (1990), *Kinder auf dem Weg zur Physik*, Weinheim-Basel
- Wiesner, Hartmut (1995), Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre, in: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, H. 23, S. 50-58