

MAIK WALPUSKI, ELKE SUMFLETH

Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht

Structural aids and feedback promoting experimental group-work in chemistry classes

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird eine Untersuchung zur Steigerung der Effizienz von schülerexperimentbasierten Kleingruppenarbeitsphasen im Chemieunterricht vorgestellt. Zu diesem Zweck wurden zwei Interventionsmaßnahmen eingesetzt: *Strukturierende Lernhilfen* und *Fehlerkorrektur durch Feedback*. An der Untersuchung mit einem 2·2-Design nahmen 336 Probanden an sieben Gymnasien in NRW teil. In fünf Unterrichtsstunden bearbeiteten Schülerinnen und Schüler der 7. Klasse experimentelle Inquiry-Aufgaben aus dem Themenbereich Säuren und Basen. In einem Pre-/Post-/Follow-up-Test-Design wurde der Lernzuwachs im Fachwissen (Reproduktion, Vernetzung, Transfer) ermittelt. Kognitive Fähigkeiten und sozialer Hintergrund wurden kontrolliert. Mittels Videoanalyse von 140 Videos der Kleingruppenarbeitsphasen sowie Auswertung der Schülermitschriften konnten Aussagen über den Verlauf der Arbeitsprozesse in den einzelnen Gruppen gemacht werden. Es konnte ein signifikanter Vorteil für die Intervention *Fehlerkorrektur* nachgewiesen werden, während für die Interventionsmaßnahme *Strukturierung* kein signifikanter Effekt nachzuweisen war.

Schlüsselwörter: Experimente, Kleingruppen, Chemieunterricht, Strukturierung, Fehlerkorrektur, Problemlösen

Abstract

The goal of this study is to find a way of influencing group-work in chemistry classes using experimental inquiry-tasks in order to improve the efficiency. For this reason we used two types of intervention. One type concerns the *structuring of group work*, the other supports students' *dealing with mistakes by using feedback*. The two types of intervention led to four different treatments resulting from a 2·2 design. Data were collected over 5 lessons on acids and bases at 7 secondary schools in North Rhine-Westphalia making a sample of 336 students in total. Data were collected in a pre-/post-/follow-up-test design with tests on chemistry knowledge (multiple-choice test, connectivity test, transfer test) while cognitive skills and social background were controlled. Moreover, we collected process-data from students' exercise-books and from 140 videos. The analyses show a significant advantage for the treatment *dealing with mistakes* while there are no significant effects for the treatment *structuring of group work*.

Keywords: experiments, small groups, group-work, chemistry education, structuring, feedback, inquiry

1 Ausgangssituation

Als ein Grund für das unbefriedigende Testergebnis deutscher Schüler bei den großen internationalen Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA (Baumert et al., 2001; Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Prenzel et al., 2004) wird häufig das vorherrschende Unterrichts-skript des fragend-entwickelnden Frontalunterrichts an den Schulen angeführt und der seltene Einsatz kooperativer Arbeitsformen bemängelt (Kampmeier & Weiß,

2002). Insbesondere in der internationalen Literatur sind viele Untersuchungen zum kooperativen Lernen zu finden, die Hinweise darauf geben, dass sich der Einsatz kooperativer Lernformen positiv auf Lernerfolg, Motivation und soziale Kompetenzen auswirkt (Berger & Hänze, 2004; Cohen, 1994; Eilks, Witteck, Rumann & Sumfleth, 2005; Sharan, 1980; Slavin, 1980), auch wenn die Studien insgesamt kein einheitliches Bild zeigen (Johnson, Johnson & Stanne, 2000).

Vor allem für den Chemieunterricht nicht nur in Deutschland existieren allerdings nur vergleichsweise wenige Daten, hier sind u. a. die Arbeiten von Tepner (Tepner, Melle & Roeder, 2005) und der Arbeitsgruppe Eilks (Eilks, 2003a; Eilks, 2003b; Leerhoff, Kienast, Markic & Eilks, 2005; Witteck & Eilks, 2005) zu nennen. Für den Physikunterricht existieren im deutschen Sprachraum vergleichbare Studien von Berger (2007) und von Tesch und Duit (2004).

Sumfleth, Nicolai und Rumann (2004) finden in einem Vergleich der Methode *Gruppenrecherche* mit klassischem Frontalunterricht einen Vorteil für die kooperativ unterrichteten Schüler im Fachleistungstest, bemängeln jedoch gleichzeitig, dass, wie die Videoanalyse zeigt, das Potenzial der Gruppenarbeit von den Schülern nicht vollständig genutzt wird, während der Frontalunterricht durch den Lehrer zielgerichtet strukturiert und gelenkt wird. In dieser Arbeit wird daher die von Sumfleth, Nicolai und Rumann aufgestellte Forderung aufgegriffen, den Lernprozess durch weitergehende, strukturgebende, instruktionale Hilfen zu beeinflussen.

Ziel des hier dargestellten Projektes ist es, neben allgemeinen Kriterien für funktionierende Gruppenarbeit auch die Ergebnisse der Vorgängerstudie auf Experimentierphasen im Chemieunterricht anzuwenden. Durch die Kombination dieser Maßnahmen mit offenen Problemlöseaufgaben soll ein möglichst großer Lernzuwachs bei den Schülerinnen und Schülern erzielt werden.

2 Kooperatives Arbeiten

Nachdem das Lernen mit Inquiry-Aufgaben in den letzten 30 Jahren vor allem im englischsprachigen Raum erforscht wurde, aber allein nicht den erhofften Erfolg zeigen konnte (Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 2003), erscheint die Kombination von Inquiry-Aufgaben mit kooperativen Lern- und Arbeitsformen nach derzeitigem Stand der Forschung erfolversprechend.

Zusammen mit dem Begriff *kooperatives Lernen* werden häufig auch die Begriffe

(Klein-)gruppenunterricht, (Klein-)gruppenarbeit, (Klein-)gruppenlernen, Partnerarbeit sowie im englischen Sprachraum *cooperative learning, collaborative learning* und *small-group learning* verwendet. Die von verschiedenen Autoren gemachten Unterscheidungen sind dabei keineswegs eindeutig. Wenn in diesem Artikel von *Gruppenarbeit* oder *kooperativen Arbeiten* gesprochen wird, ist in beiden Fällen das Arbeiten an einer ausreichend komplexen Aufgabe (Eilks & Stäudel, 2005) mit gemeinsamer Zielsetzung und mit positiver Interdependenz nach Deutsch (1949) gemeint.

Einen detaillierten und aktuellen Überblick über Studien zum kooperativen Arbeiten in den Naturwissenschaften geben unter anderem die Reviews des EPPI-Centers der Universität London. Hierbei muss jedoch die Einschränkung gemacht werden, dass nur die Studien erfasst werden, die unter das Oberthema *Diskussionen in Kleingruppen* fallen. Im Rahmen der Metaanalysen sind drei Schwerpunkte gesetzt:

1. Auswirkungen von Kleingruppen-Diskussionen auf das Verstehen von und die Einstellung zu Naturwissenschaften (Bennett, Lubben, Hogarth & Campbell, 2004).
2. Auswirkungen von Kleingruppen-Diskussionen und der Einfluss verschiedener Stimuli (schriftliche Materialien, praktische Anwendung, Computer, Film) auf das Verstehen von Evidenz (Hogarth et al., 2005)
3. Einfluss der Gestaltung von Kleingruppen-Diskussion auf das Verstehen von Evidenz (Bennett et al., 2005).

Die Ergebnisse des Review-Verfahrens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Studien stammen im Wesentlichen aus den USA, Großbritannien und Kanada.
2. Die Diskussionen in Kleingruppen werden in der Regel in weiterführenden Schulen eingesetzt.
3. Die meisten Untersuchungen werden als Fallstudien durchgeführt.

4. Der Umgang mit Evidenz ist nicht geschlechtsabhängig.
5. Für das Verstehen von Evidenz sind – in Bezug auf ihr domänenspezifisches Wissen – „unähnliche“ Gruppenmitglieder hilfreich.
6. Explizites Argumentieren und Schlussfolgern fördert das Metawissen über den Umgang mit Evidenz, allerdings führt das nicht zu einem besseren Anwenden dieser Strategien (Hogan, 1999).
7. Es werden am meisten schriftliche Unterrichtsmaterialien verwendet, gefolgt von praktischer Arbeit und Computerprogrammen.
8. Unabhängig vom benutzten Medium ist es lernförderlich, die Schüler zunächst im sinnvollen Umgang mit dem entsprechenden Medium zu schulen.
9. Der eingesetzte Stimulus sollte zwei Komponenten enthalten:
 - a. Bilden und Diskutieren einer Hypothese/Prognose.
 - b. Hypothese/Prognose mit Hilfe weiterer Daten diskutieren, bewerten, vergleichen, testen.
10. Schüler haben Defizite im selbstständigen Argumentieren und sollten daher angeleitet werden.

Weitere Daten liefert eine aktuelle Metaanalyse aus dem Jahr 2000 (Johnson et al., 2000). Verglichen werden dabei 164 Studien aus den Jahren 1970 - 1999, die sich mit acht verschiedenen Formen kooperativen Arbeitens beschäftigen:

1. Learning Together (LT)
2. Academic Controversy (AC)
3. Student-Team-Achievement-Divisions (STAD)
4. Team-Games-Tournaments (TGT)
5. Group Investigation (GI)
6. Jigsaw
7. Teams-Assisted-Individualisation (TAI)
8. Cooperative Integrated Reading and Composition (CIRC)

Die Ergebnisse der einzelnen Studien werden unter verschiedenen Aspekten analysiert, hier soll jedoch nur auf den Lernerfolg

eingegangen werden. Die größten Effekte zeigen sich dabei bei der Arbeitsform des *Learning Together*, die mit 57 Einzelstudien auch die am häufigsten untersuchte Unterrichtsmethode darstellt. Ebenfalls große Effektstärken weist die Methode der *Academic Controversy* auf, *Group Investigation* und *Teams-Games-Tournaments* weisen mittlere bis große Effektstärken auf. Verglichen wird jeweils der Lernerfolg der kooperativen Arbeitsformen mit individuellem Lernen bzw. traditionellem Unterricht.

Obwohl – wie oben beschrieben – verschiedene Methoden zu kooperativem Arbeiten in Kleingruppen bekannt sind und diese Methoden auch Erfolg versprechend sind, spielt der Einsatz von Gruppenunterricht im deutschen Unterricht eher eine untergeordnete Rolle. Meyer (1987) ermittelt einen Anteil von ca. 8% für den Gruppenunterricht; dieses Ergebnis wird durch andere Studien gestützt (Dichanz & Schwittmann, 1986; Rotering-Steinberg & Kügelgen, 1986). In den Naturwissenschaften wird dabei noch vergleichsweise häufig in Kleingruppen unterrichtet. In einer Befragung geben ca. 15% der Lehrer an, regelmäßig Gruppenunterricht durchzuführen, ca. 38% unterrichten zumindest sporadisch in Kleingruppen (Rotering-Steinberg et al., 1986).

Die Frage, warum Gruppenunterricht nur relativ selten Einzug in den Unterrichtsalltag findet, beantworten Renkl und Mandl (1995) damit, dass Lehrer oftmals erhebliche Bedenken in Bezug auf kooperative Lernformen haben. So befürchten die Lehrkräfte insbesondere Klassenführungs- und Disziplinprobleme und Schwierigkeiten mit Kollegen und der Schulleitung. Mit ihren Bedenken haben die Lehrer insofern Recht, als dass die Forschung die Effektivität von Gruppenarbeit zwar nachgewiesen hat, gleichzeitig aber auch bestimmte Bedingungen erfüllt sein müssen, damit kooperatives Arbeiten erfolgreich sein kann. Das von Renkl und Mandl (1995) vorgeschlagene Modell mit 5 Ebenen bietet – ergänzt um einige zusätzliche Aspekte – einen guten Überblick:

1. Lernerebene: Folgt man der von Huber (1995) vorgeschlagenen Einteilung in *gewissheitsorientierte Lerner* und *ungewissheitsorientierte Lerner*, so ist kooperatives Arbeiten besonders für ungewissheitsorientierte Lerner vorteilhaft. Statusungleichheiten innerhalb der Gruppen sind negativ zu bewerten (Haag et al., 2000a).

2. Strukturierung der Interaktion: Externe Strukturierung der Kooperationskripts kann nötig sein, ist jedoch bei anspruchsvollen Diskussions- oder Problemlöseaufgaben unter Umständen auch begrenzend für die Kreativität (Cohen, 1993; Cohen, 1994; Palincsar, Anderson & David, 1993).

3. Aufgabe: Die Lernaufgabe muss eine echte Gruppenaufgabe sein (Cohen, 1993; 1994; Johnson & Johnson, 1995), intrinsische Motivation ist hilfreich (Renkl & Mandl, 1995).

4. Anreizstruktur: In diesem Bereich findet man widersprüchliche Aussagen. Nach Slavin (Slavin, 1980; 1991) ist die Gruppenbelohnung und individuelle Verantwortlichkeit zur gelingenden Kooperation notwendig, Cohen (1993) relativiert diese Aussage dahingehend, dass Aufgaben, die intrinsische Motivation auslösen, auch ohne Belohnungsstruktur Erfolg versprechend sind.

5. Organisatorischer Rahmen: Die Gestaltung optimaler kooperativer Arbeitsphasen wird teilweise durch feste Curricula, starre Unterrichtszeiten und geringe Wertschätzung unter den Lehrerkollegen behindert. Je mehr Erfahrung die Schüler und Lehrer mit kooperativen Methoden haben, desto größer ist auch die Erfolgsaussicht der Methode.

6. Lebrerebene: Gruppenarbeitsphasen sollten durch den Lehrer möglichst wenig unterbrochen werden (Cohen, 1994). Eine *invasive* Lehrerintervention erscheint eher lernhinderlich, findet aber in 70% der Fälle statt. Empfohlen wird die *responsive* Lehrerintervention, die Gruppenprozesse nicht unterbricht

(Haag & Hopperdietzel, 2000b). Lehrer, die erfolgreichen Gruppenunterricht durchführen, verfügen in stärkerem Maße über entsprechende formale und inhaltliche kognitive Voraussetzungen (Haag & Dann, 2001). In einer empirischen Studie konnten Haag et al. (2000a) fünf Lehrervariablen als Qualitätskriterien für erfolgreichen Gruppenunterricht isolieren:

- Präziser, verständlicher Arbeitsauftrag
- Verständnissicherung beim Arbeitsauftrag
- Geringer Zeitanteil der Lehrerintervention
- Situationsbezug/Qualität der Lehrerintervention
- Integration/Sicherung der Ergebnisse

Darüber hinaus legen die Ergebnisse von Rumann (2005) nahe, dass es über diese allgemeingültigen Kriterien hinaus noch weitere Aspekte gelingender Kleingruppenarbeit gibt, die speziell für experimentelle Kleingruppenarbeit in naturwissenschaftlichen Fächern gelten. Die untersuchten Kleingruppenarbeitsphasen wurden unter Berücksichtigung der oben genannten, allgemeinen Kriterien geplant. Rumann (2005) konnte nachweisen, dass Schülerinnen und Schüler in vielen Fällen zum einen richtige Ideen und Hypothesen äußern, aber diese nicht experimentell umsetzen und zum anderen aus experimentellen Ergebnissen keine Schlussfolgerungen ableiten. Die von Rumann aufgezeigten, zusätzlichen Aspekte wurden für die Gestaltung der beiden Interventionsmaßnahmen (Strukturierung und Feedback) genutzt.

3 Naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht

In den in dieser Studie untersuchten experimentellen Gruppenarbeiten sollen die Schüler naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen erwerben. Der Umgang mit naturwissenschaftlichen Problemen soll geschult werden. Zum Lernen durch *Scientific Inquiry* gibt es relativ wenige Untersuchungen aus

dem deutschsprachigen Raum, jedoch zahlreiche Publikationen aus dem englischsprachigen Raum – vor allem aus den USA (AAAS Projekt 2061, 1993; Klahr, 2000). Auch das Unterrichten eines naturwissenschaftlichen Weltbildes steht in diesem Zusammenhang im Focus von Untersuchungen, häufig unter dem Stichwort *Nature of Science* (Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003; Carey et al., 1989; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; Lederman, Schwartz, Abd-El-Khalick & Bell, 2001; Ryder, Leach & Driver, 1999). Gleichzeitig wird die Förderung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen auch von bildungspolitischer Seite zunehmend in den Vordergrund gerückt. In den Richtlinien für die Sekundarstufe I wird gefordert, dass die Schülerinnen und Schüler „...Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kennen lernen und anwenden können. Das bedeutet, die Schülerinnen und Schüler vom Beobachten von Phänomenen über geeignete Fragestellungen, experimentelle Untersuchungsmethoden und Entwickeln von Modellvorstellungen zum Auffinden und Darstellen von Gesetzmäßigkeiten führen“ (Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen, 2004) und in den neu formulierten Bildungsstandards (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005) wird die Erkenntnisgewinnung als eigenes Basiskonzept formuliert. Aus den Ergebnissen der BLK-Projektgruppe „Innovation im Bildungswesen“ (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1997) wird jedoch klar, dass es mit der Benennung dieser Kompetenzen nicht getan ist, sie bescheinigen den deutschen Schülerinnen und Schülern bisher Defizite „[...] im konzeptuellen Verständnis und im Verständnis naturwissenschaftlichen Arbeitens und Argumentierens.“ (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1997). Darüber hinaus sprechen viele Forschungsergebnisse dafür, dass es Schülerinnen und Schülern generell schwer fällt, Hypothesen umfassend zu testen (Bady,

1979; Lederman, 1992), Experimente, Modelle und Theorien in Zusammenhang zu bringen (Lederman et al., 2002) und die Grenzen naturwissenschaftlicher Untersuchungen zu erkennen (Rubba & Andersen, 1978). Kurz zusammengefasst kann man sagen, dass der naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinn zwar in sehr detaillierten Modellen beschrieben werden kann, die meisten Schüler aber wenig Wissen über naturwissenschaftliches Arbeiten haben. Probleme liegen hier insbesondere im Testen von Hypothesen und im Auswerten von Daten. Wenn man das Metawissen von Schülern im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens verbessern will, bieten sich hierzu besonders Inquiry-Aufgaben mit offenen Problemstellungen an, bei denen auch der Erkenntnisweg selbst direkt thematisiert wird (Bell et al., 2003; Carey et al., 1989), während im Schulalltag häufig noch kochbuchartige Experimente vorherrschen. So bemängeln Hofstein und Lunetta (2004), dass, obwohl die limitierende Wirkung solche Versuchsanordnungen seit 20 Jahren bekannt sind, sich diese immer noch großer Beliebtheit erfreuen.

4 Ziele der Untersuchung

Im Focus der durchgeführten Untersuchung steht die Optimierung des problemorientierten Experimentierens in Kleingruppenarbeitsphasen im Chemieunterricht. Als Grundkonzept liegt den Kleingruppenarbeitsphasen die Vermittlung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges zugrunde, der ein Entwickeln und Überprüfen von Hypothesen durch Experimente und das Schlussfolgern aus Evidenz verlangt. Das verbreitete Abarbeiten kochbuchartiger Experimentiervorschriften, wie man es im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig findet, ist wenig geeignet, diesen Ansatz für die Schüler nachvollziehbar zu machen (Huber, 2001; Sumfleth, Ploschke & Geisler, 1999). Die im Rahmen dieser Untersuchung gestalteten Kleingruppenarbeitsphasen sind daher so angelegt, dass das Bilden eigener Hypothesen gefördert wird und das experimentelle Prüfen der Hypothesen auf verschiedenen

– nicht vorgeschriebenen – Wegen möglich ist. Eine detaillierte Beschreibung der Unterrichtsreihe findet sich bei Rumann (2005) und Walpuski (2006). In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, dass der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg je nach Situation variieren kann, die Förderung der Fähigkeit, die Schritte Hypothesenbildung > Experiment > Schlussfolgerung einzusetzen, ist jedoch ein wichtiges Bildungsziel im Chemieunterricht, wie die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss zeigen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005) und kann daher als eine Vereinfachung auf wesentliche Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung angesehen werden.

Darüber hinaus sollen Möglichkeiten gefunden werden, die aus der DFG-Biqua-Studie „Schulische und familiäre Bedingungen des Lernens und der Lernmotivation im Fach Chemie“ (Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler, 2002) abgeleiteten Unzulänglichkeiten offener Kleingruppenarbeitsphasen zu beheben. In der Studie wurde festgestellt, dass die Kleingruppenarbeitsphasen – im Gegensatz zum durch den Lehrer strukturierten Frontalunterricht in der Kontrollgruppe – häufig wenig strukturiert ablaufen. Wie eine Videoanalyse zeigt, gelingt es den Schülern oft nicht, die Gruppendiskussion insoweit zu strukturieren, dass die Ideen aller Schüler Berücksichtigung finden, darüber hinaus werden nicht aus allen Experimenten Schlussfolgerungen gezogen. Es fällt weiterhin auf, dass eigene gedankliche und experimentelle Fehler häufig nicht erkannt werden (Sumfleth, Nicolai & Rumann, 2004).

Den Schülern in den Kleingruppen soll durch zusätzliche Maßnahmen eine konsistente Zielverfolgung ebenso ermöglicht werden, wie die Reflektion über eigene Hypothesen und das Ziehen von Schlussfolgerungen aus durchgeführten Experimenten. Ziel ist es, den Schülern genug Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen um selbstreguliert

die Arbeitsaufträge sinnvoll bearbeiten zu können, aber gleichzeitig die Bearbeitung der Aufgaben nicht soweit zu reglementieren, dass selbstständiges, problemlösendes Arbeiten nicht mehr möglich ist. Zu diesem Zweck wurden zwei verschiedene Interventionsmaßnahmen entwickelt, die sowohl die Strukturierung des experimentellen Arbeitsprozesses als auch das Umgehen mit den eigenen Fehlern unterstützen sollen, und folgende Hypothesen und Forschungsfragen formuliert:

1. Alle Treatmentgruppen mit Intervention weisen einen größeren Lernerfolg auf als die Kontrollgruppe.
2. Die Kombination beider Interventionsmaßnahmen ist den anderen Gruppen überlegen.
3. Es stellt sich die Frage, ob Strukturierung oder Fehlerkorrektur wirksamer ist, bzw. ob Interaktionseffekte auftreten.

5 Design und Stichprobe

Die im Folgenden beschriebenen Interventionsmaßnahmen wurden zunächst in einer Pilotstudie mit 56 Probanden getestet und optimiert. Für die Hauptstudie wurde ein experimentelles Design gewählt um eine hohe interne Validität zu gewährleisten. Die Studie wurde zwar im Feld durchgeführt, dennoch trägt sie wichtige Kennzeichen einer Laboruntersuchung, da möglichst viele Bedingungen standardisiert wurden. So wurden die Schüler außerhalb des Regelunterrichtes in einer zusätzlichen Stunde untersucht, Aufgabenstellung und Materialien wurden standardisiert, und der Lehrer war an der Durchführung nicht beteiligt. Um die Übertragbarkeit auf den Regelunterricht zu ermöglichen, wurde die Untersuchung jedoch mit Hilfe von Experimentiersequenzen geplant, deren Anwendbarkeit im Regelunterricht bereits erprobt ist (Rumann, 2005). Außerdem konnten die Schüler die Kleingruppen selbst bilden, und die Untersuchung wurde an den beteiligten Schulen vor Ort durchgeführt.

Dabei wurden folgende Themen bearbeitet (Tab. 1):

Tab. 1: Inhalte der Kleingruppenarbeitsphasen

Sequenz	Inhalt	Umsetzung
1	Gruppierung von Lösungen anhand ihrer Eigenschaften, Einführung der Begriffe sauer und basisch, Indikator	Schüler gruppieren verschiedene Lösungen zunächst nach eigenen Kriterien, danach mit Hilfe von Bromthymolblau und Rotkohlsaft
2	Einführung der pH-Wertes als Maß für den sauren oder basischen Charakter einer Lösung	Schüler untersuchen die Lösungen aus der ersten Stunde mit pH-Teststäbchen
3	Einführung der pH-Skala anhand der Neutralisationsreaktion	Schüler neutralisieren Natronlauge (pH 12&13) und Salzsäure (pH 1&2) mit Hilfe von Einwegspritzen
4	Eigenschaften von Lösungen von Nichtmetalloxiden in Wasser	Schüler untersuchen die Lösungen verschiedener Gase (darunter CO ₂ , SO ₂) mit Indikatoren
5	Eigenschaften von Lösungen von Metalloxiden, Anwendung der Neutralisation	Schüler neutralisieren sauren Regen. Dazu stehen u.a. Metalloxide zur Verfügung.

Tab. 2: Treatmentgruppen

	Treatment A	Treatment B	Treatment C	Treatment D
Strukturierung	nein	ja	nein	ja
Feedback	nein	nein	ja	ja

Um die Effektivität zweier verschiedener Interventionsmaßnahmen zu überprüfen, wurde ein 2·2-Design mit vier Treatmentgruppen realisiert, woraus sich auch die Möglichkeit ergibt, Interaktionseffekte beider Maßnahmen zu untersuchen. Die Treatmentgruppe A arbeitete dabei ohne den Einsatz von unterstützenden Interventionsmaßnahmen und dient somit als Kontrollgruppe. Die Schülerinnen und Schüler der Treatmentgruppe B erhielten zusätzliche *Strukturierungshilfen*, während Treatmentgruppe C durch *Feblerkorrektur* unterstützt wurde. Treatmentgruppe D ergibt sich aus der Kombination beider Interventionen (siehe Tabelle 2).

5.1 Interventionsmaßnahme Strukturierung

Unter *Strukturierung* der Kleingruppenarbeitsphase wird hier eine Optimierung der Arbeitsschritte im Hinblick auf die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse verstanden. Ziel dieser Intervention ist es nicht, die Gruppenarbeitsphase in Bezug auf Aufgabenverteilung, Kommunikationsprozesse o. ä. zu strukturieren.

Wie bereits beschrieben, liegen die Probleme der Schüler häufig darin begründet, dass die Schritte *Idee* > *Experiment* > *Schlussfolgerung* in vielen Fällen nur unvollständig durchlaufen werden bzw. die Schlussfolgerung nicht

auf die Ausgangsidee bezogen wird. Die Schüler der Treatmentgruppen B und D (Interventionsmaßnahme *Strukturierung*) wurden aufgefordert, jede Idee auf einer *Ideenkarte* zu vermerken und zusätzlich zu jedem Experiment eine *Experimentierkarte* auszufüllen. Vor der ersten Stunde wurde dieses Vorgehen den Schülern ausführlich erklärt und vor jeder weiteren Stunde erneut auf die Karten und ihre Bedeutung für den Lernerfolg hingewiesen. Da aus zahlreichen Untersuchungen bekannt ist, dass zentrale Punkte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges den Schülern häufig nicht transparent sind, wurde den Kleingruppen mit Strukturierungshilfen zusätzlich in jeder Experimentiersequenz ein Flussdiagramm zur Verfügung gestellt (Abb. 1). Das Flussdiagramm soll den Schülern ermöglichen, einen Überblick über den typischen Ablauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu bekommen und gleichzeitig die Möglichkeit bieten, sich zu verschiedenen

Zeitpunkten während der Bearbeitungsphase neu zu orientieren. Daher sind in dem Diagramm nicht nur die einzelnen Schritte *Idee*, *Experiment* und *Schlussfolgerung* dargestellt, sondern es wird zusätzlich zu jedem einzelnen Schritt eine dichotome Auswahlmöglichkeit zum weiteren Vorgehen angeboten. Folglich kann das Diagramm sowohl von Anfang bis Ende durchlaufen werden, es kann jedoch auch gezielt während einzelner Schritte zur Hilfe genommen werden.

5.2 Interventionsmaßnahme Fehlerkorrektur durch Feedback

Im Bereich der *Fehlerkorrektur* untergliedert sich die Intervention in zwei Teile. Während der einzelnen Experimentiersequenzen wurde den Kleingruppen die Möglichkeit zur Rückfrage eingeräumt, nach Abschluss der Experimentiersequenzen wurden mögliche Lösungswege in einem standardisierten Kurzvortrag durch den Testleiter präsentiert.

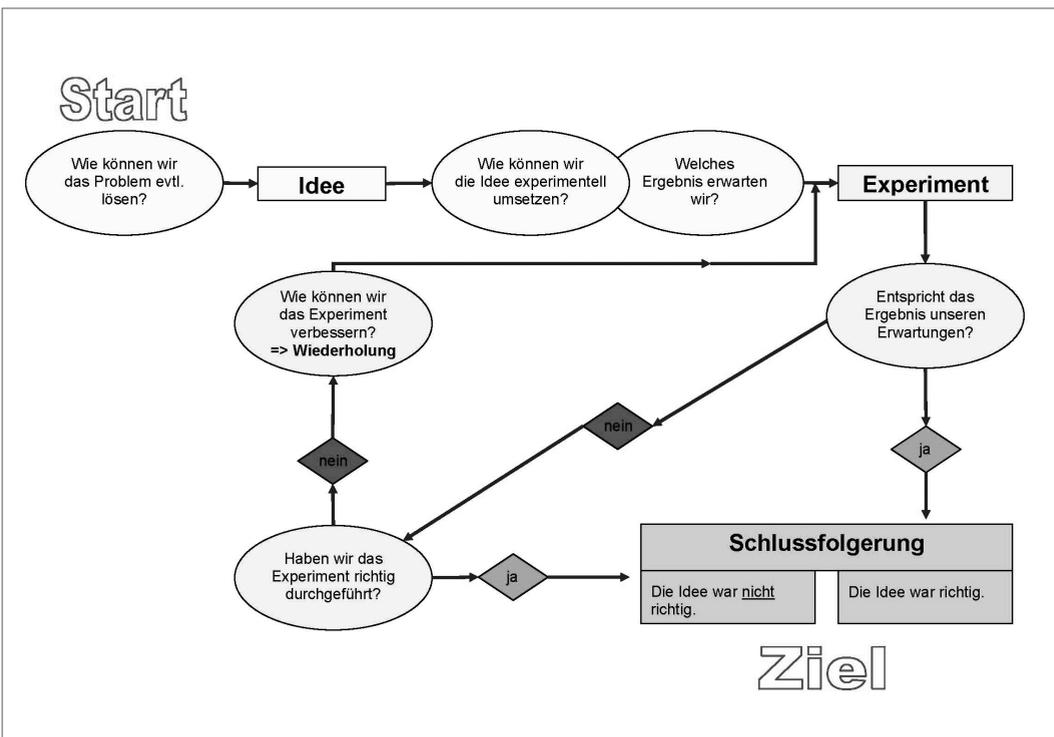


Abb. 1: Flussdiagramm

Die Möglichkeit der Rückfrage wurde den Schülern im Sinne der *responsiven Lehrerintervention* (Haag & Hopperdietzel, 2000b) gegeben, indem den Interaktionsboxen der Treatmentgruppen C und D Karten mit einem Fragezeichen beilagen, die bei Rückfragen hochgehalten werden konnten.

Den Schülern wurde vor Beginn der Untersuchung erläutert, dass sie mit Hilfe der *Fragezeichen-Karte* an zwei verschiedenen Stellen der Gruppenarbeit um Hilfe durch den Lehrer bitten können. Zum einen wurde den Schülern ermöglicht, sich zu erkundigen, ob ein geplantes Experiment zur Überprüfung ihrer Hypothese/Idee generell geeignet ist. Damit soll vermieden werden, dass Schüler eine Idee deshalb nicht überprüfen können, weil sie z.B. durch einen Planungsfehler keine sinnvollen Daten aus ihrem Experiment gewinnen können. Über die Richtigkeit der Hypothese/Idee wurde an dieser Stelle keine Aussage gemacht, um den Schülern auch zu ermöglichen, eine falsche Idee selbstständig zu falsifizieren. Eine zweite Möglichkeit zur Rückfrage wurde den Schülern nach Abschluss eines Experimentes gegeben. Hier konnte der Lehrer gefragt werden, ob das Ergebnis des durchgeführten Experimentes das ist, das ein Fachmann erwarten würde. Diese Maßnahme ist darin begründet, dass die Ergebnisse der DFG-Biqua-Studie (Sumfleth et al., 2002) gezeigt haben, dass Schüler häufig aus an sich sinnvollen Experimenten falsche Schlussfolgerungen ziehen, weil sie während der Durchführung manuelle Fehler machen. Die Information durch den Lehrer ermöglicht den Schülern also ihr Ergebnis abzusichern oder gegebenenfalls ein Experiment zu wiederholen. Zusätzlich zu dieser Absicherungsmöglichkeit während der Experimentiersequenz wurden den Kleingruppen mit *Fehlerkorrektur* nach Abschluss einer jeden Sequenz mögliche Ergebnisse und Lösungswege in einem Kurzvortrag von 3-5 Minuten vorgestellt. Den Kleingruppen wurde so die Möglichkeit eingeräumt, ihre eigenen Ergebnisse mit einer möglichen „Musterlö-

sung“ zu vergleichen, um in der nächsten Sequenz im Sinne kumulativen Lernens auf diesem Wissen aufbauen zu können. Um unterscheiden zu können, ob eventuell nur ein Teil der Intervention lernwirksam ist, wurde nach Ablauf der Experimentiersequenz, aber vor Beginn des Kurzvortrags das Fachwissen in einem kurzen Multiple-Choice-Test erfasst, so dass differenzierte Aussagen über beide Teile der Intervention gemacht werden können.

5.3 Stichprobenmerkmale und Testinstrumente

Die Untersuchung wurde an 7 Gymnasien in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Die Schulen befanden sich in Dinslaken, Duisburg (3), Essen, Gelsenkirchen und Mülheim. Es wurden nur gemischt-geschlechtliche Gymnasien in staatlicher Trägerschaft ausgewählt. Um Lehrereffekte in Bezug auf bereits vorhandene Arbeitskompetenzen zu minimieren wurden – soweit von den Schulen ermöglicht – Schüler aus Klassen verschiedener Lehrer an der jeweiligen Schule ausgewählt. Da in der Regel die Anzahl der Schüler in den bereitgestellten Klassen größer war als die Anzahl der benötigten Probanden, wurden die Probanden an jeder Schule ausgelost. Die Interventionsmaßnahme wurde an fünf aufeinander folgenden Tagen im Anschluss an den Regelunterricht durchgeführt, dabei wurden alle Treatments an jeder Schule mit jeweils drei Kleingruppen besetzt. Die Arbeitszeit betrug für alle Treatmentgruppen – ggf. inklusive der treatmentbezogenen Instruktion – jeweils 45 Minuten, um einen Einfluss der Arbeitsdauer auszuschließen. Die treatmentbezogenen Instruktionen wurden in allen Fällen mit einer Maximallänge von 5 Minuten bewusst kurz gehalten um eine möglichst ähnliche Experimentierdauer sicherzustellen.

Insgesamt wurden Testdaten von 336 Schülern ermittelt und 140 Kleingruppensituationen videographiert, sodass sich eine Schülerzahl von $n=84$ pro Zelle ergibt, wie Tabelle 3 entnommen werden kann.

Tab. 3: Stichprobengröße

Treatment A	Treatment B	Treatment C	Treatment D
7 Schulen	7 Schulen	7 Schulen	7 Schulen
5 Sequenzen	5 Sequenzen	5 Sequenzen	5 Sequenzen
1 Videogruppe	1 Videogruppe	1 Videogruppe	1 Videogruppe
84 Schüler	84 Schüler	84 Schüler	84 Schüler
35 Videos	35 Videos	35 Videos	35 Videos
336 Schüler			
140 Videos			

Die Gesamtstichprobe reicht aus, um in einer Varianzanalyse bei $\alpha = .05$ mit einer statistischen Power von $1 - \beta = .90$ einen mittelstarken Effekt der Größe $f = .20$ nachzuweisen. Zur Balancierung der Stichprobe wurde der KFT (Heller & Perleth, 2000) durchgeführt, da Intelligenz einer der wichtigsten Prädiktoren für Lernerfolg ist (Gage & Berliner, 1996). Die Kleingruppen wurden anschließend anhand der Testergebnisse gleichmäßig auf die verschiedenen Treatmentgruppen verteilt. Zu diesem Zweck wurde jeweils der Gruppenmittelwert errechnet. Es konnte eine sehr gute Balancierung der Gruppenmittelwerte erreicht werden. Ergänzend wurden soziale Hintergrundvariablen erfragt, um sicherzustellen, dass die ausgewählten Probanden dieser Untersuchung nicht auffällig vom Durchschnitt der deutschen Schüler abweichen. Es wurde dabei auf ausgewählte Items der PISA 2000 Studie zurückgegriffen, die der Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Kunter et al., 2002) entnommen wurden. Die berechneten Effektstärken für Unterschiede zwischen den Probanden und der PISA-Stichprobe zeigen, dass es sich hier nur um sehr kleine Effekte und damit unerhebliche Unterschiede handelt. Die einzige Abweichung nach oben (mit mittleren Effektstärken), im Bereich der vorhandenen Menge bestimmter Wohlstandsgüter, ist

vermutlich dadurch zu erklären, dass seit der Datenerhebung in PISA 2000 die Verbreitung von Handys und Computern noch weiter zugenommen hat.

Der durchgeführten Untersuchung liegt ein experimentelles „Pretest-posttest control group design“ nach Campbell & Stanley (1965) zugrunde. Entsprechend wurde vor Untersuchungsbeginn das Vorwissen erhoben, nach Untersuchungsende wurde ein Posttest durchgeführt. Zusätzlich erfolgten begleitende Tests und ein Follow-up Test nach ca. 4 - 5 Monaten. Zu allen drei Messzeitpunkten kamen verschiedene Testverfahren zum Einsatz. Um den Lernzuwachs bestimmen zu können, wurde zu allen drei Testzeitpunkten ein identischer Fachwissenstest in Multiple-Choice-Form eingesetzt. Prozessbegleitende Multiple-Choice-Tests nach jeder Experimentiersequenz und Videoaufzeichnungen ergänzen diese Daten. Die Fachwissenstests wurden im Rahmen des Projektes entwickelt und pilotiert, um die unterrichteten Inhalte möglichst differenziert abbilden zu können. Eine Übersicht über alle Testinstrumente ist in der tabellarischen Zusammenstellung in Tabelle 4 zu finden.

Tab. 4: Testinstrumente

Zeitpunkt	Testinstrumente
Pretest	<ul style="list-style-type: none"> • Kognitiver Fähigkeitstest • Fachtest (Multiple-Choice) • Sozialer Hintergrund (Eltern + Schüler) • Naturwissenschaftliche-Arbeitsweisen-Test (NAW) (nicht ausgewertet, da Testkennwerte unzureichend)
Begleitend	<ul style="list-style-type: none"> • Fachtest (Multiple-Choice) • Videos
Posttest	<ul style="list-style-type: none"> • Fachtest (Multiple-Choice) • Fachtest (Triadentest) • Naturwissenschaftliche-Arbeitsweisen-Test (NAW) (nicht ausgewertet, da Testkennwerte unzureichend)
Follow-up Test	<ul style="list-style-type: none"> • Fachtest (Multiple-Choice) • Fachtest (Triadentest)

Tab. 5: T-Test für Differenz Pretest/Posttest

Testwert = 0					
T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
				Untere	Obere
24.26	298	<.001	19.52	17.93	21.10

6 Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurde zunächst die Lernwirksamkeit der gesamten Unterrichtsreihe ohne Berücksichtigung weiterer Variablen überprüft, da der Intervention die Annahme zugrunde liegt, dass die Unterrichtsreihe für alle Treatmentgruppen lernwirksam ist. Zu diesem Zweck wurden die erzielten Testpunkte aller Probanden im Pre- und Posttest miteinander verglichen. Der dazu durchgeführte T-Test zeigt einen hochsignifikanten Lernzuwachs mit sehr großer Effektstärke ($d=1,98$) zwischen Pretest und Posttest (siehe Tabelle 5), insgesamt konnten 72 Punkte erzielt werden.

Die allgemeine Lernwirksamkeit der Unterrichtsreihe ist somit analog zu Rumann (2005) nachgewiesen, sodass im Weiteren die Einflüsse unterschiedlicher Interventionsmaßnahmen geprüft werden können. Da die einzelnen Treatmentgruppen aufgrund der Ergebnisse im KFT eingeteilt wurden, lassen sich geringfügige Unterschiede in den Pretestwerten im Fachtest (Vorwissen) der einzelnen Treatmentgruppen nachweisen, allerdings werden diese Unterschiede erwartungsgemäß nicht signifikant. Um dennoch eine Beeinflussung der Testergebnisse auszuschließen, wurde für

alle Pre-Post-Analysen der residuale Lerngewinn herangezogen.

Es zeigt sich in einer univariaten Varianzanalyse, dass sowohl die Kontrollgruppe als auch Treatmentgruppe B (Strukturierung) hinter den theoretisch erwarteten Werten zurückbleiben, während die Treatmentgruppen C und D (Fehlerkorrektur bzw. Strukturierung & Fehlerkorrektur) einen größeren Punktzuwachs als vorhergesagt – und damit einen Residualgewinn – erreichen (Abb.2). Diese ersten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Intervention *Fehlerkorrektur* der entscheidende Faktor ist.

Ein Interaktionseffekt kann nicht nachgewiesen werden, wie Tabelle 6 zeigt.

Um zu präziseren Aussagen zu gelangen, wurden daher die a priori aufgestellten Hypothesen durch die Berechnung von Kontrasten auf folgender Grundlage im Detail überprüft:

1. Alle Treatmentgruppen mit Intervention weisen einen größeren Lernerfolg auf als die Kontrollgruppe.
Kontraste: $A < B$; $A < C$; $A < D$

2. Die Kombination beider Interventionsmaßnahmen ist den anderen Gruppen überlegen.
Kontraste: $D > A$; $D > B$; $D > C$

Hypothese 1 konnte nur teilweise bestätigt werden. Die Residualgewinne der Kontrollgruppe sind zwar signifikant kleiner als die der Treatmentgruppen C & D, für Treatmentgruppe B gilt dieser Befund jedoch nicht, wie Tabelle 7 verdeutlicht. Gleichzeitig konnte auch Hypothese 2 nur teilweise bestätigt werden. Zwar ist der Lerngewinn von Treatmentgruppe D größer als der aller anderen Treatmentgruppen, der Unterschied ist jedoch nur im Vergleich zu den Treatmentgruppen A & B signifikant. Es liegt daher die Annahme nahe, dass der Einfluss der Interventionsmaßnahme *Strukturierung* im Vergleich zur Interventionsmaßnahme *Fehlerkorrektur* eher gering ist. Dieser Frage wurde mittels univariater Varianzanalyse nachgegangen. Tatsächlich ist die Intervention *Fehlerkorrektur* mit $p < .001$ und $\eta^2 = .20$ die relevante Einflussgröße, während der Einfluss der *Strukturierung* nicht signifikant

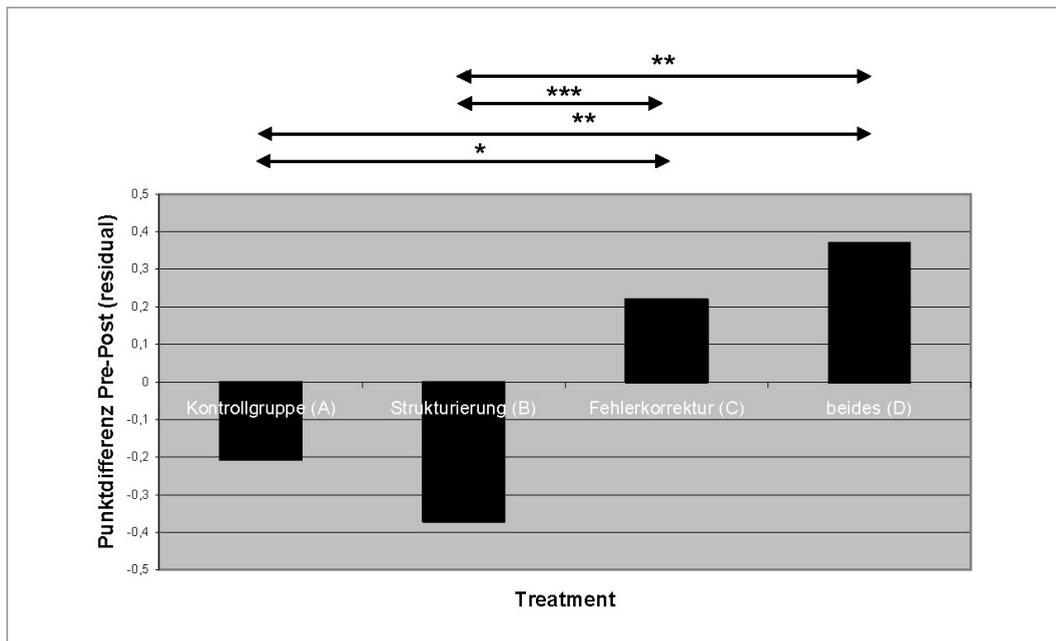


Abb. 2: Residualgewinn im Fachtest

Tab. 6: Varianzanalyse Pre-Post (Fachtest)

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	2595.1(a)	3	865.0	4.64	.003	.045
Konstanter Term	114127.1	1	114127.1	611.61	<.001	.675
Fehlerkorrektur	2380.3	1	2380.3	12.76	<.001	.041
Strukturierung	237.1	1	237.1	1.27	.260	.004
Fehlerkorrektur * Strukturierung	29.4	1	29.4	.16	.691	.001
Fehler	55047.5	295	186.6			
Gesamt	171513.0	299				
Korrigierte Gesamtvariation	57642.6	298				

Tab. 7: Berechnung der Kontraste

Kontrast	Kontrastwert	Standardfehler	T	df	Signifikanz (2-seitig)
A < B	-.163	.156	-1.047	295	.296
A < C	.427	.155	2.753	295	.006
A < D	.577	.159	3.633	295	<.001
D > A	.577	.159	3.633	295	<.001
D > B	.741	.158	4.692	295	<.001
D > C	.149	.157	.955	295	.340

ist, womit auch die dritte Fragestellung (es soll herausgefunden werden, ob Strukturierung oder Fehlerkorrektur wirksamer ist bzw. ob Interaktionseffekte auftreten) beantwortet ist. Ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen beiden Interventionsmaßnahmen konnte nicht nachgewiesen werden. Für die Intervention *Fehlerkorrektur* zeigt sich bereits in den Ergebnissen der z-standardisierten Studentests, die vor dem Lehrervortrag

bearbeitet wurden, ein signifikanter Vorteil mit $p = .001$ ($F(1; 289) = 11.465$). Es ist daher anzunehmen, dass zumindest ein Teil des Leistungsvorsprungs der Treatmentgruppen C und D auf der Möglichkeit zur Rückfrage resultieren.

In Bezug auf die Interventionsmaßnahme *Strukturierung* zeigt eine Auswertung der Mitschriften und Videos, dass die Strukturierungsmaßnahmen von den Schülern nur

unzureichend genutzt werden. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass die passive Strukturierung mittels ergänzender Materialien in den Interaktionsboxen keinen ausreichenden Einfluss auf das Handeln der Schüler hat. Hier müsste möglicherweise durch ein aktives Training sichergestellt werden, dass den Schülern typische naturwissenschaftliche Arbeitsschritte transparent und vertraut sind. Der positive Einfluss der Intervention *Fehlerkorrektur* lässt sich auch über alle drei Messzeitpunkte nachweisen, wenn man den Follow-up-Test hinzuzieht. Zu diesem Zweck wurde eine zweifaktorielle univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Mit einer Signifikanz von $p = .006$ lässt sich hier mit $\eta = .17$ ($F(1; 271) = 7.657$) ein kleiner bis mittlerer Effekt über die Dauer von 4-6 Monaten nachweisen. Gleichzeitig

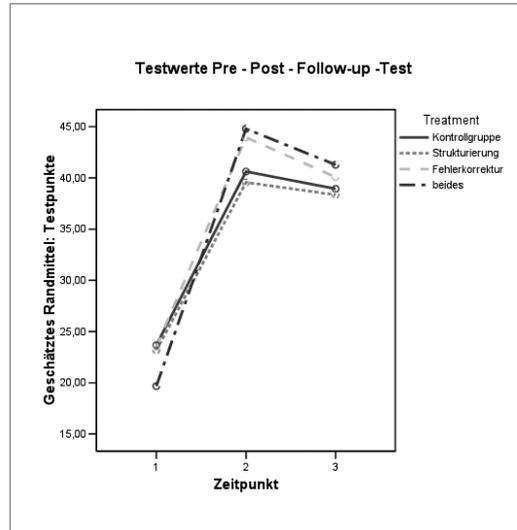


Abb. 3: Testergebnisse Fachtest

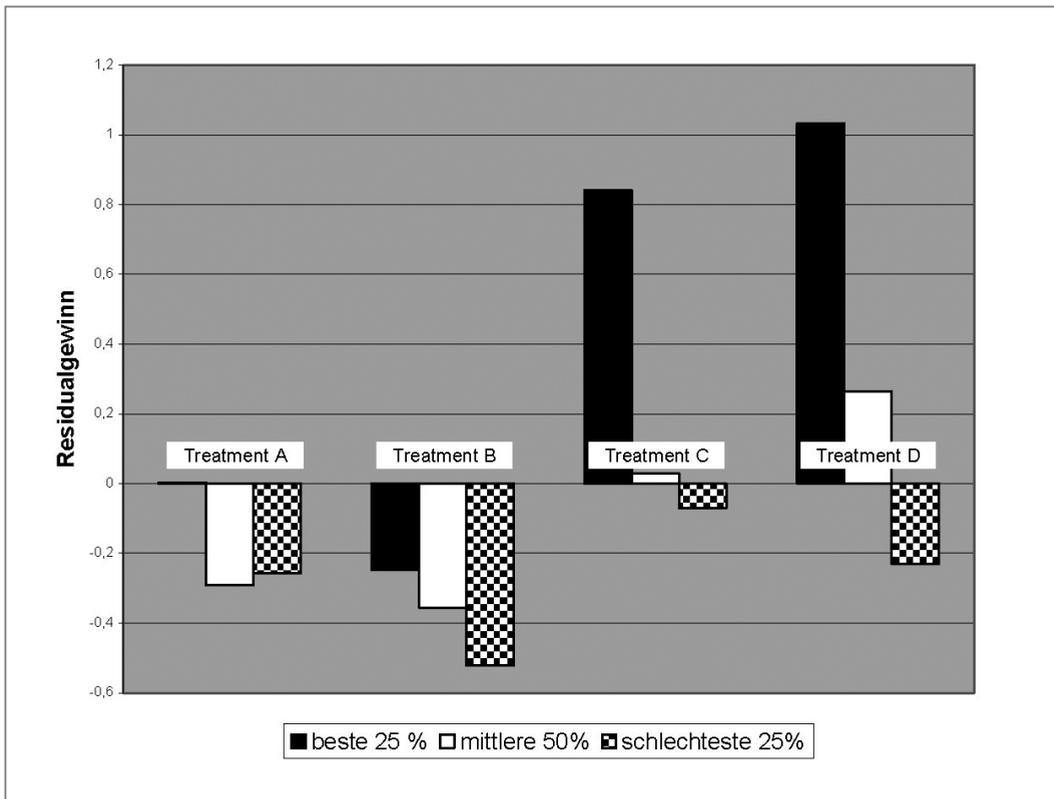


Abb. 4: Residualgewinn nach Leistungsbereichen

muss jedoch erwähnt werden, dass sich die Tendenz erkennen lässt, dass die Treatmentgruppen mit den höchsten Posttestwerten auch den größten Punktverlust zum 3. Messzeitpunkt aufweisen (Abb. 3)

Um beurteilen zu können, ob die Interventionsmaßnahmen bei Schülern mit unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten verschieden wirksam sind, wurde die Gesamtstichprobe anhand der KFT-Daten in drei Teile geteilt. Die Schüler mit den höchsten und niedrigsten KFT-Werten wurden jeweils getrennt analysiert. Zu diesem Zweck wurde jeweils das leistungsstärkste und leistungsschwächste Viertel der Gesamtstichprobe ausgewählt. Die dritte Gruppe bildet die übrige Hälfte der Stichprobe, die im mittleren Leistungsbereich liegt. Es zeigt sich, dass das Treatment *Fehlerkorrektur* vor allem auf die leistungsstarken Schüler positiv wirkt. Auch bei den Schülern im mittleren Leistungsbereich ist eine positive Tendenz erkennbar, während die Schüler im unteren Leistungsviertel in allen Treatmentgruppen hinter den erwarteten Werten zurückbleiben (Abb. 4).

Ein möglicher Grund für diesen Befund könnte sein, dass die Schüler beim Treatment *Fehlerkorrektur* während der Gruppenarbeitsphase nur auf mögliche Fehler hingewiesen werden, aber selbstständig eine Lösung finden müssen, da der erklärende Vortrag erst nach der Gruppenarbeit stattfindet. Offensichtlich sind die leistungsstarken Schüler eher in der Lage, von diesem Hinweis zu profitieren als die leistungsschwächeren Schüler, indem sie mögliche Fehlerquellen analysieren und beseitigen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Wie eine Sichtung der Forschungsarbeiten aus den letzten Jahren gezeigt hat, werden sowohl dem Lernen mit Inquiry-Aufgaben als auch dem kooperativen Arbeiten großes Potenzial zugeschrieben, dennoch sind die erzielten Motivations- und Lernerfolge unterschiedlich. Offensichtlich sind beide Arbeitsformen nur dann erfolgreich, wenn entsprechende Kriterien beachtet werden, die die Qualität der Aufgabe sicherstellen. In

diesem Bereich kann diese Arbeit einen Beitrag leisten, indem die Wirksamkeit zweier verschiedener unterstützender Maßnahmen empirisch überprüft wurde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die von Rumann (2005) bereits gezeigte Lernwirksamkeit der Unterrichtsreihe durch Feedback weiter gesteigert werden konnte. Zugunsten einer möglichst guten Variablenkontrolle wurde auf eine Einbindung der untersuchten Experimentierphasen in den Regelunterricht verzichtet, da jedoch die Inhalte, abgesehen von kleineren Veränderungen aus der oben genannten Studie übernommen wurden, ist eine direkte Vergleichbarkeit gewährleistet. Während Rumann zeigen konnte, dass kooperatives experimentelles Arbeiten dem problem-lösenden Frontalunterricht überlegen ist, konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass die Kleingruppenarbeitsphasen durch unterstützende Maßnahmen weiter optimiert werden können. Der erhoffte Erfolg der Strukturierungshilfen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Ein bedeutender Aspekt, der dieses Ergebnis erklären könnte, ist der Umstand, dass den Schülern Feedback und Fehlerkorrektur üblicherweise aus dem lehrerzentrierten Unterricht bekannt sind und diese somit ohne weitere Hilfestellung in den Kleingruppenunterricht integriert werden können. Gleiches scheint für die Strukturierungshilfen nicht zu gelten. Vor dem Hintergrund, dass deutsche Schüler vermehrt Schwierigkeiten beim Lösen offener Problemaufgaben haben, liegt die Vermutung nahe, dass die Schüler generell unerfahren im selbstständigen Bearbeiten komplexer Aufgaben sind. Hier reicht es offensichtlich nicht aus, den Schülern eine Anleitung zur Verfügung zu stellen, da diese ohne weitere Hilfestellung nicht genutzt werden kann. Da unserer Auffassung nach nicht davon auszugehen ist, dass Strukturierungshilfen an sich nicht lernförderlich sind, wird an der Qualität und Implementation der Hilfen weiter gearbeitet. In einer Folgestudie wird derzeit ergänzend untersucht, ob durch ein aktives Training zum Umgang

mit den Hilfen und eine inhaltliche Überarbeitung der Strukturierungshilfen eine Steigerung der Wirksamkeit der Strukturierungsmaßnahmen erzielt werden kann. Dazu werden die Schüler zunächst im Metawissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gestärkt, bevor Inquiry-Aufgaben bearbeitet werden.

Auch wenn die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das kooperative Arbeiten mit Inquiry-Aufgaben durch eine hohe Lernwirksamkeit gekennzeichnet ist, ergibt sich daraus natürlich kein Anspruch auf den exklusiven Einsatz dieser Methode, sie sollte nur als eine Möglichkeit angesehen werden, einen methodisch abwechslungsreichen Unterricht zu gestalten.

Danksagung

Wir danken der DFG für die Förderung des Forschungsprojektes im Rahmen der Forschergruppe nwu-essen (SU 187/6-1 und SU 187/6-2).

Literatur

- AAAS Projekt 2061 (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Bady, R. J. (1979). Students' Understanding of the Logic of Hypothesis Testing. *Journal of Research in Science Teaching*, 16, 61-65.
- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (2000). *TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie Mathematik und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W. et al. (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. & Campbell, B. (2004). A systematic review of the use of small-group discussions in science teaching with students aged 11-18, and their effects on students' understanding in science or attitude to science. In *Research Evidence in Education Library* London: EPPI Centre.
- Berger, Roland (2007). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – eine empirische Untersuchung auf Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation. *Studien zum Physik- und Chemielernen* (70). Berlin: Logos-Verlag.
- Berger, R. & Hänze, M. (2004). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 205-219.
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). *Abschlussbericht zum BLK-Modellversuchsprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Bonn.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1965). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. Gage (Ed.), *Handbook for Research on Teaching* (2 ed.).
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.

- Cohen, E. G. (1993). Bedingungen für produktive Kleingruppen. In G. L. Huber (Ed.), *Neue Perspektiven der Kooperation* pp. 45-53. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Deutsch, M. (1949). A theory of co-operation and competition. *Human Relations*, 2, 129-152.
- Dichanz, H. & Schwittmann, D. (1986). Methoden im Schulalltag. *Die Deutsche Schule*, 3, 327-337.
- Eilks, I. (2003a). Kooperatives Lernen im Unterricht (Teil 1). *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 56, 51-45.
- Eilks, I. (2003b). Kooperatives Lernen im Unterricht (Teil 2). *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 56, 111-116.
- Eilks, I. & Stäudel, L. (2005). Warum kooperatives Lernen? *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16, 4-5.
- Eilks, I., Witteck, T., Rumann, S. & Sumfleth, E. (2005). Kooperatives Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16, 6-11.
- Gage, N. L. & Berliner, D. C. (1996). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlag Union.
- Haag, L. & Dann, H.-D. (2001). Lehrerhandeln und Lehrerwissen als Bedingungen erfolgreichen Gruppenunterrichts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 15, 5-15.
- Haag, L., Dann, H.-D., Diegritz, T., Fürst, C. & Rosenbusch, H. S. (2000a). Quantifizierende und interpretative Analysen des schulischen Lernens in Gruppen. *Unterrichtswissenschaft*, 4, 334-349.
- Haag, L. & Hopperditzel, H. (2000b). Gruppenunterricht - Aber wie? Eine Studie über Transfer-effekte und ihre Voraussetzungen. *Die Deutsche Schule*, 92, 480-490.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen. Revision*. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hogan, K. (1999). Thinking aloud together: a test of an intervention to foster students' collaborative scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1085-1109.
- Hogarth, S., Bennett, J., Campbell, B., Lubben, F. & Robinson, A. (2005). A systematic review of the use of small-group discussions in science teaching with students aged 11-18, and the effect of different stimuli (print materials, practical work, ICT, video film) on students' understanding of evidence. In *Research Evidence in Education Library* London: EPPI-Centre.
- Huber, G. L. (1995). Lernprozesse in Kleingruppen: Wie kooperieren die Lerner? *Unterrichtswissenschaft*, 23, 316-331.
- Huber, G. L. (2001). Kooperatives Lernen im Kontext der Lehr-/Lernformen. In C. Finkbeiner & G. W. Schnaitmann (Eds.), *Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktik* pp. 222-245. Donauwörth: Auer Verlag.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1995). An overview of cooperative Learning. In J. S. Thounsand, R. A. Villa & A. I. Newin (Eds.), *Creativity and collaborative learning* pp. 31-44. Baltimore: Brookes Press.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Stanne, M. B. (2000). Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis. <http://www.co-operation.org/pages/cl-methods.html> [Online].
- Kampmeier, V. & Weiß, H.-H. (2002). Mehr Wirklichkeit im Klassenzimmer. *Forum Schule*.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The cognition and development of discovery processes*. Massachusetts: Institute of Technology.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M. et al. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Lazarowitz, R. & Hertz-Lazarowitz, R. (2003). Cooperative Learning in the Science Curriculum. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* pp. 449-469. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F. & Bell, R. L. (2001). Preservice teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1, 135-160.
- Leerhoff, G., Kienast, S., Markic, S. & Eilks, I. (2005). Das abgesicherte Gruppenpuzzle. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16, 28-33.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden II: Praxisband*. Frankfurt a. M.: Cornelsen Skriptor Verlag.
- Ministerium für Schule Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (2004). *Chemie. Sekundarstufe I. Gymnasium. Richtlinien und Lehrpläne*. Frechen: Ritterbach.

- Palincsar, A. S., Anderson, C. & David, Y. M. (1993). Pursuing Scientific Literacy in the Middle Grades through Collaborative Problem Solving. *The Elementary School Journal*, 95, 643-658.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M. et al. (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann Verlag.
- Renkl, A. & Mandl, H. (1995). Kooperatives Lernen: Die Frage nach dem Notwendigen und dem Ersetzbaren. *Unterrichtswissenschaft*, 23, 292-300.
- Rotering-Steinberg, S. & Kügelgen, T. v. (1986). Ergebnisse einer schriftlichen Befragung zum Gruppenunterricht. *Erziehungswissenschaft – Erziehungspraxis*, 2, 26-29.
- Rubba, P. A. & Andersen, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62, 449-458.
- Rumann, Stefan (2005). Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik. Studien zum Physik- und Chemielernen. (45). Berlin: Logos-Verlag.
- Ryder, J., Leach, J. & Driver, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 201-219.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- Sharan, S. (1980). Cooperative learning in small groups. *Review of Educational Research*, 50, 241-271.
- Slavin, R. E. (1980). Cooperative Learning. *Review of Educational Research*, 50, 315-342.
- Slavin, R. E. (1991). Synthesis of Research on Cooperative Learning. *Educational Leadership*, 48, 71-82.
- Sumfleth, E., Nicolai, N. & Rumann, S. (2004). Schulische und häusliche Kooperation in Chemieanfangsunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Eds.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* pp. 284-302. Münster: Waxmann.
- Sumfleth, E., Ploschke, B. & Geisler, A. (1999). Schülervorstellungen und Unterrichtsgespräche zum Thema Säure-Base. In E. Sumfleth (Ed.), *Chemiedidaktik im Wandel – Gedanken zu einem neuen Chemieunterricht* pp. 91-115. Münster: Lit-Verlag.
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S. & Exeler, J. (2002). Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemieunterricht: kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base. *Zeitschrift für Pädagogik*, 207-221.
- Tepner, M., Melle, I. & Roeder, B. (2005). Gruppenpuzzle und Frontalunterricht im Vergleich. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16, 82-85.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *ZfDN*, 10, 51-69.
- Walpuski, Maik (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Studien zum Physik- und Chemielernen (49). Berlin: Logos Verlag.
- Witteck, T. & Eilks, I. (2005). In einer Gruppenrallye zu den Elementfamilien. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16, 34-37.

Kontakt

Dr. Maik Walpuski
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Tel.: 0201/ 183-37 60
 Fax: 0201/ 183-31 49
maik.walpuski@uni-due.de

Autoreninformation

Dr. Maik Walpuski hat nach der Promotion in der Didaktik der Chemie 2006 das Referendariat für das Lehramt an Gymnasien am Studienseminar in Bocholt absolviert und ist zurzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Duisburg-Essen. Forschungsschwerpunkte sind die Untersuchung der Qualität von Experimentierphasen im Unterricht, sowie die Kompetenzmodellierung und -messung in Verbindung mit den Bildungsstandards.

Dr. Elke Sumfleth ist Professorin für Didaktik der Chemie an Universität Duisburg-Essen und Sprecherin des DFG-Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg Essen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind: Empirische Lehr-Lern-Forschung in Chemie, Entwicklung und Evaluation von Materialien für den Chemieunterricht und Kompetenzentwicklung durch Aufgaben im Chemieunterricht.