

Nieswandt, Martina

Lernen im Chemieunterricht durch eigentätiges Schreiben. Fallanalysen

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 4 (1998) 2, S. 21-39



Quellenangabe/ Reference:

Nieswandt, Martina: Lernen im Chemieunterricht durch eigentätiges Schreiben. Fallanalysen - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 4 (1998) 2, S. 21-39 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315105 - DOI: 10.25656/01:31510

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315105>

<https://doi.org/10.25656/01:31510>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

MARTINA NIESWANDT

Lernen im Chemieunterricht durch eigentätiges Schreiben. Fallanalysen

Zusammenfassung:

Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht ist in der internationalen naturwissenschaftsdidaktischen Forschung seit Jahren fest verankert. In Deutschland kann davon nicht gesprochen werden, und das obwohl das Schreiben die Möglichkeit beinhaltet, das in verschiedenen Zusammenhängen erworbene und disparat gespeicherte Wissen entsprechend der Aufgabenstellung zusammenzuführen und so zu einem vielfältigeren und strukturierteren neuen Wissen zu gestalten. An Hand von zwei Fallbeispielen wird diese Wirkung des Schreibens für das Lernen im einführenden Chemieunterricht aufgezeigt.

Summary:

International research in science education has been dealing with writing in science for years. In contrast, in Germany writing is not at all a research field, although the effect of writing is well known. In view of the task, writing brings together acquired and dispersely accumulated knowledge. Through this, previous knowledge develops into diverse and structured new knowledge. Exemplified in two case studies this effect of writing for learning in an introductory chemistry course will be shown.

1. Die Bedeutung des Schreibens im naturwissenschaftlichen Unterricht

Seit den 70er Jahren hat sich auf internationaler Ebene „writing to learn science“ zu einer Forschungsrichtung entwickelt (Connally & Vilardi, 1990; Holliday, Yore & Alvermann, 1994; Rivard, 1994), deren Anfänge in der US-amerikanischen „writing across the curriculum“ Bewegung zu suchen sind (Martin, 1992; Soven, 1988). Die WAC Bewegung wurde sowohl von der Pionierarbeit Brittons (Britton, 1973) inspiriert als auch von den Arbeiten der kognitiven Schreibforschung (de Beaugrande, 1984, 1987; Bereiter, 1980; Bereiter & Scardamalia, 1985; Chafe, 1977, 1985; Flower & Hayes, 1977; Frederiksen & Dominic, 1981; Hayes & Flowers, 1980, 1980a). Im deutschsprachigen Raum findet das Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht dagegen wenig Beachtung (vgl. Stork, 1993). Eine Ausnahme bilden die Arbeiten der Schweizer Gallin und Ruf (1991, 1993, 1995), die das Schreiben im Mathematikunterricht aller Volksschulklassen und in der Mittelstufe des Gymnasiums einsetzten. Sie fanden heraus, dass durch die schriftliche Darstellung des mathematischen Arbeitspro-

zesses (vom Problem zur Lösung) dieser stark verlangsamt wird. Dadurch erhält die Mathematiklehrkraft die Möglichkeit, den Lernprozess der Lernenden quasi im Zeitlupentempo zu verfolgen und zu unterstützen. Die Autoren stellten darüber hinaus fest, dass durch die Nutzung des Schreibens im Mathematikunterricht auch bei mittelmäßigen und schwachen Jugendlichen das Interesse und Verständnis für Mathematik geweckt werden konnte und damit eine regelmäßige Leistungssteigerung verbunden war. In der pädagogischen und psychologischen Forschung gibt es seit Anfang der 80er Jahre Arbeiten zum Schreiben als Problemlösen (Molitor, 1984, 1987), zu kognitiven und kommunikativen Aspekte des Tagebuchschriftens (Seiffge-Krenke, 1987) und zu der Frage „welche Beziehung zwischen dem Wissen von Personen und dem Produzieren von Texten bzw. den Texten selbst bestehen“ (Eigler u.a., 1990, S. 68; Eigler, 1998). Die kognitive Schreibforschung konnte u.a. aufzeigen, dass das Schreiben die Möglichkeit beinhaltet, das in verschiedenen Zusammenhängen erworbene und disparat gespeicherte Wissen entsprechend der Aufgabenstellung zusammenzuführen und so zu einem vielfältigerem und strukturierterem neuen Wissen zu

gestalten; im Sinne von Bereiter (1980) zu epistemischen Effekten zu gelangen. Das Erarbeiten von Texten kann somit zu einem „sinnvollen“ oder im Sinne Ausubles u.a. (1980) zu einem verstehenden Lernen beitragen.

Anknüpfend an die Forschungen der 80er Jahre wird Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht heute vor allem als ein Weg gesehen, das Vorwissen der Lernenden mit dem neuen Wissen zu verknüpfen, naturwissenschaftliche Konzepte zu entwickeln und zu erklären, Gedanken zu entschlüsseln und Denkprozesse offen zu legen, Vorstellungen zu reflektieren, und Informationen aus Unterrichtsgesprächen, Experimenten und Schulbüchern sinnvoll zu verarbeiten (Fellows, 1994; Glynn & Muth, 1994; Keys, 1994; Mason, forthcoming; Santa & Havens, 1991). Gewählt werden in diesen Schreibprojekten vor allem zwei Formen des Schreibens. Zum einen das darstellende Schreiben (expository writing), zu dem Texttypen wie das Beschreiben und Deuten von Phänomenen oder von experimentellen Beobachtungen und das Zusammenfassen verschiedener Sachverhalte zählen und zum anderen das expressive Schreiben (expressive writing), das eine Form von informellen Schreiben verbunden mit Unterrichtsaufzeichnungen, Tagebuchnotizen, Comics und Cartoons beinhaltet. Forschungsprojekte, die die eine oder andere Schreibform bevorzugen, betonen trotz ihrer unterschiedlichen Vorgehensweisen und Fragestellungen alle, dass durch das eigenständige Schreiben das Lernen der naturwissenschaftlichen Sachverhalte signifikant erleichtert und deren Verständnis vertieft wird (Kirkpatrick & Pittendrigh, 1984; MacVaugh, 1990; Reaves, 1991; Webb, 1990; Willey, 1988).

2. Forschungshypothese

Die verschiedenen Forschungsprojekte verdeutlichen, dass die Auseinandersetzung mit dem vorhandenen Wissen, die Analyse und Synthese von neuen Informationen und die Entdeckung neuer Beziehungen zwischen den Einheiten des Wissens während des Schreibens die Konzentration der Gedanken auf die-

sen Prozess verlangt. Das Schreiben erhöht somit „in starkem Maße die Tendenz (...), Analytiker zu werden - Ideen des Möglichen zu erzeugen, und sie mit aktuellen Erfahrungen in Übereinstimmung zu bringen“ (Bruner & Olson 1978, S. 319). Im Sinne Ausubles u.a. (1980) resultiert beim Schreiben somit ein verstehendes Lernen. Diese dem Schreiben zugeschriebenen Wirkungen sollten für den Chemieunterricht nutzbar gemacht werden. Es wurde erwartet, daß die eigenständige Erarbeitung schriftlicher Fassungen von Beobachtungen und Deutungen den Lernenden ein verstehendes Lernen chemischer Zusammenhänge erkennbar erleichtert.

3. Forschungsmethode

Auf der Grundlage dieser Forschungshypothese wurde in vier schleswig-holsteinischen Gymnasialklassen des 9. Jahrgangs ein Schulversuch für den einführenden Chemieunterricht konzipiert, durchgeführt und evaluiert. Der Schulversuch, der ca. acht Wochen nach Beginn des Schuljahres begann, umfasste einen Zeitraum von 30 Unterrichtsstunden, in denen vier thematische Unterrichtseinheiten behandelt wurden, die Bestandteil eines Unterrichtsganges für den Anfangsunterricht Chemie sind, der in der chemiedidaktischen Abteilung des IPN entwickelt wurde (vgl. Stork, Schulz & Johansen 1993). Dieser Unterrichtsgang zeichnet sich durch eine Sequenz von Versuchen aus, die den Lebens- und Umweltbezug der Lernenden im Blick haben. Der Unterricht beschränkt sich zunächst - ca. ein halbes Jahr lang - auf den Bereich der Phänomene, die beschrieben und mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten erklärt werden. Für den Schulversuch wurden Unterrichtseinheiten ausgewählt, in denen erstens die Luft als Stoffgemisch kennengelernt, die Herstellung des Kohlenstoffdioxids durchgeführt und dessen Eigenschaften experimentell erfahren wurden, zweitens Wasser als Oxid des Wasserstoffs erkannt und drittens Metalle oxidiert sowie eine Reaktionsreihe der Metalle erarbeitet wurden. Erst in der zweiten Hälfte des Unterrichtsganges - bei

Verdunstungs- und Verdampfungsphänomenen - finden Deutungen auf der Teilchenebene statt. Die kleinsten Teilchen werden „Moleküle“ genannt. Diese vierte Unterrichtseinheit bildet den Abschluß des Schulversuchs¹. Der Unterrichtsgang selbst leitet mit der experimentellen „Aufspaltung“ von Wasser- und Kohlenstoffdioxid zum Verständnis der Atome als Bausteine der Moleküle über.

Typen von Texten

Im Verlauf des Schulversuchs erhielten die Lernenden sieben schriftlich zu bearbeitende Hausaufgaben². Diese Hausaufgaben wurden drei verschiedenen Texttypen zugeordnet, die sich an der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise und Erkenntnisgewinnung orientieren. Die Grundlage dieser Erkenntnisgewinnung, die vorwiegend dem empirisch-induktiven Verfahren entspricht, bilden qualitative und quantitative Beobachtungen, die im Wiederholungsfall verallgemeinert werden. Daraus ergeben sich die ersten beiden Texttypen: „Beschreibung von Beobachtungen“ und „Erklärung der Beobachtungen mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten“. Die resultierenden Hypothesen werden dann durch eine Theorie gedeutet (aus Ursachen verständlich gemacht). Der dritte Texttyp beinhaltet somit die „Deutung von Phänomenen unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme“. Aus der Theorie können neue Hypothesen abgeleitet werden, die sich an der prognostizierten Erfahrung bewähren müssen (Deduktion). Das empirisch-induktive Vorgehen wird somit durch die Deduktion ergänzt, d.h. durch die gedankliche Ableitung von Folgerungen aus der Theorie, die empirisch geprüft werden, und durch die die Theorie im Erfolgsfall Geltung erhält (vgl. Ströcker 1967, S. 167; Stork 1988, S. 12f; Becker 1994, S. 13).

Texttypen

1. **Beschreibung von Beobachtungen**
einschließlich der relevanten Umstände (bei natürlichen oder technischen Phänomenen) und einschließlich der Versuchsdurchführung (bei Laborexperimenten).
2. **Erklärung von Beobachtungen**
mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten.
3. **Deutung von Phänomenen**
unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme (Energiebegriff, Teilchenvorstellung).

Sicherlich kann es nicht Ziel des einführenden Chemieunterrichts sein, die Prozesse der Erkenntnisgewinnung vollständig zu durchlaufen. Aber die Schülerinnen und Schüler sollten mit den Phasen der induktiven und deduktiven Vorgehensweise vertraut gemacht werden, vor allem mit der Beschreibung von Beobachtungen und mit deren Deutung.

Das Festhalten einer Beobachtung, einschließlich der Situation, in der ein Phänomen auftritt oder einschließlich einer Versuchsdurchführung (im Labor), die zu einem Phänomen führt, verlangt von den Lernenden, dass sie gründlich und genau beobachten, bei der schriftlichen Fixierung nur sachlich zutreffende Beobachtungen festhalten, diese chronologisch ordnen und möglicherweise eine Selektion unter dem Gesichtspunkt der Relevanz durchführen. Wird von den Schülerinnen und Schülern gefordert, Beobachtungen mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten zu erklären, dann sollten sie vor allem fähig sein, Gedanken folgerichtig und zielstrebig zu Sinneinheiten zu verknüpfen und über ein Problembewußtsein verfügen. Diese Fähigkeiten sind auch für das Deuten von Phänomenen unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme wie Energiebegriff und Teilchenvorstellung Voraussetzung, ebenso wie die Fähigkeit, pro- und contra-Argumente aufzustellen und zu entfalten.

¹ Zur ausführlichen Beschreibung dieser Unterrichtseinheiten vgl. Nieswandt, 1997, S. 73ff.

² Zur Beschreibung der Hausaufgaben vgl. Nieswandt, 1997, S. 79ff.

Die drei Texttypen enthalten somit neben unterschiedlichen fachlichen Lernzielen auch unterschiedliche, aufeinander aufbauende und zunehmend komplexer werdende sprachliche Lernziele.

Im Unterricht wurde das Schreiben selbst nicht zum Lerninhalt gemacht, da davon ausgegangen wurde, dass die Lernenden mit den für die Abfassung der Texte notwendigen Qualifikationen bereits aus dem Deutschunterricht vertraut waren³. Zusätzliche sprachliche Schulung erfolgte über das individuelle und schriftliche Feedback (siehe unten). Außerdem waren die Jugendlichen bereits mit Beginn des Schulversuchs (ca. acht Wochen nach Schuljahresbeginn) mit Teilen der naturwissenschaftliche Vorgehensweise vertraut. Sie hatten gelernt, chemische Phänomene im Alltag und im Unterricht zu beobachten, diese Beobachtungen mündlich und schriftlich zu beschreiben (in Form von

Versuchsprotokollen), Skizzen von einfachen Versuchsaufbauten anzufertigen und diese Beobachtungen mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten zu erklären. Insofern konnte zu Beginn des Schulversuchs davon ausgegangen werden, daß die grundlegenden Voraussetzungen für das Schreiben einfacher naturwissenschaftlicher Texte gegeben waren. Trotzdem wurde der Schulversuch so angelegt, dass die Lernenden nach und nach mit den für den Chemieunterricht relevanten Formen der schriftlichen Darstellungsform vertraut gemacht wurden (vgl. Tabelle 1). So lag der Schwerpunkt der Hausaufgaben zunächst auf der Beschreibung von Beobachtungen und deren Erklärung mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten. Ab der fünften Hausaufgabe kam dann die Deutung der Phänomene unter Zuhilfenahme des Energiebegriffs und der Teilchenvorstellung hinzu.

Texttyp	HA						
	1	2	3	4	5	6	7
Beschreibung von Beobachtungen	X	X					X
Erklärung von Beobachtungen	X		X	X			X
Deutung von Phänomenen						X	X
Planung eines Versuchs							

Tab. 1: Übersicht über die Verteilung der Hausaufgaben (HA) auf die drei verschiedenen Texttypen

³ Laut Lehrplan Deutsch des schleswig-holsteinischen Gymnasiums der 8. Klassenstufe sollen die Lernenden am Ende dieser Stufe, also zu Beginn der 9. Klassenstufe, über vertiefte Kenntnisse des Informierens (dazu werden die Textsorten Protokoll, Bericht, Inhaltsangabe und Kurzvortrag gezählt), des Erörterns und des Argumentierens verfügen sowie über grundlegende Kenntnisse der Interpretation und mit epischen, lyrischen, dialogischen und Texten aus Massenmedien und Gebrauchstexten (Bericht, Sachbuch, Werbung) vertraut sein. Vgl. Übersicht Lehrplan Deutsch, 1986, S. 12-21.

Beurteilung der Texte

Die schriftlichen Hausaufgaben der Jugendlichen wurden eingesammelt und fachlich korrigiert. Des Weiteren wurden Rechtschreibung, Grammatik, und Interpunktionsfehler verbessert sowie Alternativen für sprachliche Wendungen angeführt, sofern die Äußerungen der Lernenden dieses erforderten. Über diese je individuellen Korrekturen hinaus wurden anhand der Antworten der Jugendlichen Mustertexte zu allen Hausaufgaben erarbeitet, die die Schülerinnen und Schüler mit der individuell korrigierten Hausaufgabe erhielten.

Für die Analyse der Texte wurde ein fünf Kategorien umfassendes Analyseschema entwickelt, das neben der Ermittlung des fachlichen Inhalts prüfte, ob der der Aufgabe zugrundeliegende Texttyp realisiert wurde, welche inhaltliche Struktur vorherrschte und welche sprachlichen Mittel benutzt wurden, um den gedanklichen Zusammenhang herzustellen. Dieses Analyseverfahren lehnt sich zum einen an Arbeiten zur Aufsatzbeurteilung an (vgl. Ulshöfer, 1967; Hahn, 1966; Essen, 1964; Riehmüller & Sendler, 1973; Lueg, 1972) und greift zum anderen auf das von Eigler und Mitarbeitern entwickelte Kategoriensystem zur Analyse geschriebener und gesprochener Produkte zurück (Eigler u.a., 1990). Um die verschiedenen Analyse Kriterien kombinieren zu können, wurden die von den Lernenden angefertigten Texte in Einheiten zerlegt. Diese Textsegmente bildeten dann die Grundlage für die gesamte Analyse. Die einzelnen Einheiten sollten dem Originaltext entsprechen und inhaltlich sinnvolle und in sich geschlossene Einheiten bilden. In Anlehnung an Eigler und Mitarbeiter (Eigler u.a. 1990, S. 85) wurde als eine Einheit eine Aussage definiert, die aus einem Hauptverb und allen dazugehörigen Ergänzungen und Satzgliedern besteht. Die Bestimmung von Satzgliedern erfolgte durch die Ersetzungs- und Verschiebungsprobe. Durch diese Vorgehensweise entstanden Analyseeinheiten, die sowohl hinsichtlich ihrer sachlichen Richtigkeit als auch hinsichtlich ihrer Inhaltsstruktur und deren Zusammenhang beurteilt werden konnten.

Die erste Analysekatgorie beinhaltet die „fachliche Auswertung“. Für diese wurden aus den Antworten der Lernenden Musterlösungen erarbeitet und die vollständigen Sätze dann in sinnvolle Kürzel transformiert. Da den Lernenden beim Schreiben die freie Wortwahl zugestanden wurde, sofern die Aufgabenstellung nicht - entsprechend der jeweiligen Sachstruktur - chemische Fachtermini verlangte, wurden außerdem zu den festgelegten Aussagen sinnngemäße Begriffsumfelder erarbeitet. Die Texte der Schülerinnen und Schüler wurden dann von zwei Ratern unabhängig voneinander auf das (wie auch immer geartete) Vorhandensein von Aussagen überprüft. Jeder Antwortteil, der einem Kürzel zugeordnet werden konnte, wurde mit einem Punkt bewertet. Durch dieses Verfahren ergab sich für die fachliche Analyse eine einzige Gesamtpunktzahl. Bestanden die Hausaufgaben aus zwei oder mehreren Teilaufgaben, die unterschiedlichen Texttypen zugeordnet waren, dann wurde die fachliche Auswertung für die jeweiligen Textteile getrennt durchgeführt.

Die zweite Analysekatgorie („textartspezifische Merkmale“) diente der Ermittlung des Erreichens der den verschiedenen Texttypen zugrundeliegenden, bereits oben genannten Lernzielen. Die komplexen Lernzielbeschreibungen verlangen ein zunehmend höheres Maß an kognitiven Fähigkeiten sowohl auf der sprachlichen als auch auf der fachlichen Ebene. Um diese Fähigkeiten messen zu können, wurden die Lernzielbeschreibungen in entsprechend messbare Merkmale umgeformt (Grad der Problemerkennung, Stimmigkeit, Ausgestaltung, Entfaltung, Gegliedertheit, Verknüpftheit, Zielstrebigkeit, Adressiertheit), die dann mit Hilfe von fünfstufigen Ratingskalen abgeschätzt wurden.

Die Analyse des Textinhalts bzw. des „thematischen Bezugs“ erfolgt auf der dritten Analyseebene. Jede Aussage der Texte wurde nach verschiedenen Klassifikationen wie eng-themabezogene, weit-themabezogene und nicht-themabezogene Aussagen sowie Meta- und redundante Aussagen eingeschätzt und ihre jeweilige Anzahl gezählt. Die eng-themabezo-

genen Aussagen wurden darüber hinaus in argumentativ-allgemeine, argumentativ-spezifische und konstatierende Aussagen differenziert⁴. Eine derartige Analyse des Geschriebenen gibt Aufschluss über das in den einzelnen Aussagen zum Ausdruck kommende Wissen. Dieses sollte mit den Ergebnissen aus der ersten Analysekatgorie (fachliche Auswertung), in der es um die Angemessenheit und Nichangemessenheit von Wissen - bezogen auf die jeweilige Aufgabenstellung - geht, korrelieren.

Damit ein Text als Text fungieren kann, d.h. eine fiktive Leserschaft den inhaltlichen Zusammenhang (re-)konstruieren kann, muß er allgemeine Merkmale aufweisen. Bei diesen handelt es sich um „grammatische (syntaktische, semantische, pragmatische), stilistische und schematische Strukturen und ihren gegenseitigen Zusammenhang“ (van Dijk, 1980, S. 16). In der Literatur werden diese Formen der Bezogenheit in einem Text als „Textkohärenz“ bezeichnet. Insbesondere die semantische (gedankliche) und syntaktische (sprachliche) Kohärenz sind wichtige Textmerkmale, die unabhängig von der Aufgabenstellung zum Verständnis eines Textes realisiert sein müssen. In Anlehnung an Eigler und Mitarbeiter (1990) wird der gedankliche Textzusammenhang mit Hilfe einer Analyse der Inhaltsstruktur (vierte Analyseebene) und der sprachliche Textzusammenhang mit Hilfe einer Analyse der kohäsiven Verknüpfungen (fünfte Analyseebene) ermittelt. Unter dem Begriff Inhaltsstruktur wird „die Art der inhaltlichen, gedanklichen Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Informationseinheiten“ (Eigler u.a., 1990, S. 107) verstanden. Dieser Form der Textanalyse liegt die Annahme zugrunde, daß eine Schreiberin bzw. ein Schreiber nicht nur für das Generieren von Inhalten unterschiedliche Möglichkeiten hat, sondern auch zu deren Strukturierung. So können die Inhalte beispielsweise zeitlich oder hierarchisch angeordnet werden (vgl. Hayes & Flower, 1980, S. 14). Das Verfahren, das derar-

tige Unterschiede erfasst, geht von der Überlegung aus, „daß jede Aussage in einem Text der ihr direkt vorangegangenen Aussage strukturell entweder als ‘übergeordnet’, ‘nebeneinander’ oder ‘untergeordnet’ klassifiziert werden kann“ (Eigler u.a., 1990, S. 108). Solche „strukturellen Beziehungen“ sind durch unterschiedliche „inhaltliche Beziehungen“ erkennbar:

- Durch die Verknüpfungsform **ÜBERORDNEN** werden Inhalte entweder abstrahiert bzw. verallgemeinert, zusammengefaßt oder bewertet.
- Die Verknüpfungsform **UNTERORDNEN** verweist auf eine Spezifizierung der vorhergehenden Aussage durch das Nennen bzw. Beschreiben von Beispielen oder Merkmalen bzw. auf eine Erläuterung durch Definition.
- Durch die Verknüpfungsform **NEBENORDNEN** werden neue Inhalte auf gleichem Abstraktionsniveau bzw. mit gleichem Komplexitätsgrad hinzugefügt oder ein Gegensatz formuliert (einfache, logische und zeitliche Reihung).

Die Inhaltsstruktur wird durch verschiedene Parameter beschrieben, z.B. der Anzahl der über-, neben- und untergeordneten Aussagen, der Anzahl der durch Über- und Unterordnung realisierten Ebenen, der Anzahl von Aussagenketten oder der Anzahl von nicht miteinander verbundenen Teilstrukturen, sogenannten Clustern.

Die mittels der Inhaltsstrukturanalyse aufgezeigten inhaltlichen Beziehungen zwischen einzelnen Aussagen müssen von der Schreiberin bzw. dem Schreiber durch grammatikalische oder lexikalische Mittel signalisiert werden, sofern sie für die Leserschaft nachvollziehbar sein sollen. Mit der Analyse dieses sprachlichen Textzusammenhangs bzw. der „kohäsiven Verknüpfungen“ beschäftigt sich die letzte Kategorie des Analyseschemas. Unter kohäsiven Verknüpfungen werden sprachliche Mittel wie beispielsweise Pronomina, Adverbien, Komparative, Lexeme,

⁴ Zur ausführlichen Beschreibung dieser Aussagen vgl. Nieswandt 1997, S. 92 ff.

Konjunktionen und beziehungsstiftende Wendungen subsumiert (vgl. Halliday & Hasan, 1976).

Die verschiedenen Parameter der Inhaltsstrukturanalyse und der Analyse der kohäsiven Verknüpfungen geben Informationen über die Struktur des Textes. Ein Text kann entweder eine lineare Struktur aufweisen, d.h. der Gedankenfluss steht im Vordergrund, oder eine vernetzte Struktur, d.h. der Text weist Verbindungen zwischen einzelnen Gedanken oder größeren inhaltlichen Abschnitten auf. Der Texttyp „Beschreibung von Beobachtungen“ verlangt einen linearen Gedankengang, da bei der Verschriftlichung der gemachten Beobachtungen deren chronologisch geordnete Darstellung im Vordergrund steht. Im Gegensatz dazu wird für die „Erklärung der Beobachtungen“ und die „Deutung der Phänomene“ ein vernetzter Text erwartet. Zur Deutung eines Sachverhaltes unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme sind häufig differenzierte Argumente erforderlich sowie Beispiele und Erläuterungen. Die Inhaltsstruktur eines derartigen Textes sollte daher einen höheren Grad an Vernetzung aufweisen als die der Texte des Texttyps „Erklärung von Beobachtungen“, bei dem vor allem die folgerichtige und entfaltete Darstellung der Gedanken und deren zielstrebige Verknüpfung zu Sinn-einheiten im Vordergrund stehen.

Stichprobe

Insgesamt nahmen am Schulversuch 91 Schülerinnen und Schüler teil: 42 Mädchen und 49 Jungen. Angelegt als Kontrollgruppen-Experimentalgruppen-Design ging es um die Frage, ob die schriftliche Auseinandersetzung mit den chemischen Sachverhalten mehr zu einem verstehenden Lernen und zu einer Festigung des Gelernten beiträgt als die mündliche Erarbeitung. Zusammenfassend ergeben sich zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen der schriftlichen und mündlichen Auseinandersetzung und damit zwischen Experimental- und Kontrollgruppe, es sind jedoch

tendenzielle Unterschiede in einzelnen Klassen und insbesondere innerhalb einzelner Gruppen wie der Mädchen der Experimentalgruppe einer Klasse im Vergleich zu den Jungen dieser Gruppe erkennbar.⁵ In dem vorliegenden Beitrag wird nun am Beispiel zweier Fälle, dem Jungen Nr. 27 und dem Mädchen Nr. 30, aufgezeigt, dass das Schreiben zu einer Differenziertheit der schriftlichen Äußerungen beiträgt und so ein verstehendes Lernen im Chemieunterricht unterstützt. Ausgewählt wurden diese beiden Fälle, weil sie alle sieben Hausaufgaben verfassten und somit die Daten zur Analyse vollständig vorlagen. Die Ergebnisse der beiden Jugendlichen werden ggf. in Relation zu den Ergebnissen der gesamten Experimentalgruppe des Schulversuchs gesetzt.

4. Ergebnisse

Von einer Differenziertheit schriftlicher Äußerungen wird dann gesprochen, wenn die Texte sich neben der angemessenen fachlichen Leistung durch eine adäquate sprachliche Qualität auszeichnen, also sowohl der der Aufgabenstellung zugrundeliegende Texttyp realisiert worden ist, die entsprechende inhaltliche Struktur vorherrscht als auch geeignete sprachliche Mittel benutzt werden, um den gedanklichen Zusammenhang herzustellen. Dass dieses dem Jungen Nr. 27 und dem Mädchen Nr. 30 gut gelungen ist, soll nun an Hand der drei Texttypen „Beschreibung von Beobachtungen“, „Erklärung von Beobachtungen“ und „Deutung von Beobachtungen“ skizziert werden.

Beschreibung von Beobachtungen

Die „Beschreibung von Beobachtungen“ gelingt dem Jungen Nr. 27 zu allen drei Zeitpunkten (erste und zweite Hausaufgabe sowie erster Teil der siebten Hausaufgabe) sehr gut wie an Hand der zweiten Hausaufgabe erläutert wird. Von insgesamt 24 möglichen Punkten hat der Junge 22 erreicht (13 Punkte für

⁵ Ein Überblick über die Ergebnisse findet sich in Nieswandt, 1997.

den Text und neun Punkte für die angefertigte, hier nicht abgebildete Skizze) und damit von allen Lernenden der Experimentalgruppe das beste Ergebnis erzielt (vgl. Tabelle 2). Der Vergleich mit der Musterlösung und deren Kodierung verdeutlicht, dass sein Text detailliert Auskunft über den Versuchsaufbau, die Durchführung des Versuchs und die während des Versuchs gemachten Beobachtungen gibt. Das Versuchsergebnis wird abschließend auf die Fragestellung der Aufgabe zurückgeführt. Die guten fachlichen Leistungen zeigen sich auch

in den textartspezifischen Merkmale. So erhielt er für den Grad der Stimmigkeit, der Entfaltung, der Gliedertheit, der Verknüpftheit und der Zielstrebigkeit die höchste Rangstufe fünf. Der Grad der Problemerkennung und der Ausgestaltung wurde jedoch nur mit vier bewertet, da der Junge Nr. 27 keinen Bezug auf den Adressaten genommen hat. Die Texte der Lernenden der gesamten Experimentalgruppe bewegen sich für diese Hausaufgabe dagegen nur zwischen den Rangstufen drei und vier.

2. Hausaufgabe:

Erkläre deinem Freund/deiner Freundin, der/die in der letzten Chemiestunde nicht anwesend war, wie Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung

- a) von Kohle, oder
 - b) von Benzin nachgewiesen werden kann.
- Fertige auch eine Versuchsskizze an.
(Du kannst dich für a) oder b) entscheiden.)

Kodierung:

VvK - Verbrennung von Kohle oder Benzin

CO₂ - Entstehung von Kohlenstoffdioxid

Kw - Kalkwasser (Nachweismittel)

trüb - trüben

KoB - Kohle (oder Benzin)

Beh - Behälter

Stat - Stativ

Tri - Trichter

1.Gr - ein Glasrohr

Wfl - führt zur Waschflasche

Kw - die mit Kalkwasser gefüllt ist

2.Gr - zweites Glasrohr

Wsp - führt zur Wasserstrahlpumpe

entz - Kohle (oder Benzin) wird entzündet

Musterlösung⁶:

Das bei der Verbrennung von Benzin oder Kohle (VvK) entstehende Kohlenstoffdioxid (CO₂) kannst du mit Kalkwasser nachweisen (Kw). Beim Vorhandensein von Kohlenstoffdioxid trübt sich das zunächst klare Kalkwasser bzw. es fällt ein weißer Niederschlag aus (trüb). Diesen Nachweis kannst du beispielsweise folgendermaßen durchführen:

Benzin oder Kohle wird in eine Porzellanschale gefüllt (KoB, Beh)

An einem Stativ wird ein Trichter befestigt (Stat, Tri) und in ca. 15 cm Höhe über die Schale gestülpt.

Der Trichter wird mit einem gebogenen Glasrohr verbunden (1.Gr). Das Glasrohr führt in eine mit Kalkwasser gefüllte Waschflasche (Wfl, Kw).

Ein zweites Glasrohr ist mit einer Wasserstrahlpumpe verbunden (2.Gr, Wsp).

Das Benzin (oder die Kohle) wird entzündet und die Wasserstrahlpumpe angestellt (entz).

Es wird beobachtet, daß sich das Kalkwasser trübt (trüb).

Antwort des Jungen Nr. 27 zur zweiten Hausaufgabe⁷:

(1) Um das Kohlendioxid bei der Verbrennung von Benzin nachzuweisen (VvK; CO₂), muß man etwas Benzin in eine flache Schale gießen (KoB; Beh). (2) Dann muß man einen Trichter etwas oberhalb der Schale anbringen (Tri), damit noch Sauerstoff nachströmen kann. (3) Dann verbinden wir den Trichter mittels eines Schlauches, der sich am Ende teilt, erstens mit einer Wasserstrahlpumpe und zweitens mit einem Glas, in dem sich Kalkwasser befindet (1.Gr; Wfl;

⁶ Die unterstrichenen Angaben in Klammern verdeutlichen die Kodierung der vorhergehenden Aussage, die für die Auswertung herangezogen wurde.

⁷ Die Nummern zu Beginn der Sätze geben die Anzahl der Aussagen wieder und die unterstrichenen Klammern die Kodierungen.

Kw; 2.Gr.; Wsp). (4) Nun entzünden wir das Benzin (entz), (5) es entsteht ein Gas, (6) was, (7) auch teilweise nicht nur in die Pumpe, sondern auch in das „Kalkwasserglas“ gerät. (7) durch die Wasserstrahlpumpe angesaugt, (8) Nach kurzer Zeit wird das Kalkwasser trübe (Kw; trüb). (9) Somit haben wir den Kohlendioxidgehalt in Benzin nachgewiesen.

Die hohe fachliche Leistung wird durch die Analyse des thematischen Bezugs der zweiten Hausaufgabe bestätigt. Der Junge hat insgesamt neun Aussagen geschrieben, von denen acht eng-themabezogen mit argumentativspeziellen Charakter sind (Aussagen eins bis acht) und eine redundant ist (Aussage neun). Damit zeichnet sich sein Text durch eine differenzierte, stimmige und entfaltete Beschreibung aus. Dass die Inhalte entsprechend strukturiert sind, verdeutlicht die Analyse der

Inhaltsstruktur. Die ersten sechs Aussagen sind nebengeordnet, d.h. die Inhalte werden in zeitlicher und logischer Reihenfolge aneinandergereiht. Die siebte Aussage ist der sechsten untergeordnet, da in dieser die sechste Aussage spezifiziert wird. Die achte Aussage ist dann wieder zur sechsten nebengeordnet und die neunte schließlich der achten übergeordnet, da in dieser die vorhergehenden Inhalte noch mal zusammengefaßt werden. Aufgrund dieser Zuordnung der Aussagen ergibt

sich für den Text der zweiten Hausaufgabe eine vorwiegend lineare Struktur, auch wenn durch die Verwendung gleich vieler lokaler wie distanter kohäsiver Verknüpfungen (acht lokale, d.h. mit der unmittelbar vorhergehenden Aussage verknüpfte Kohäsionen und neun distante, d.h. mit weiter vorangegangenen Aussagen verknüpfte Kohäsionen) eine gewisse Vernetzung des Textes erkennbar ist. Damit entspricht der Text des Jungen Nr. 27 zur zweiten Hausaufgabe voll den Erwartungen.

Das Mädchen Nr. 30 hat im Texttyp „Beschreibung von Beobachtungen“ ähnlich wie der Junge Nr. 27 in der ersten und zweiten Hausaufgabe gute, über den durchschnittlichen Leistungen der Experimentalgruppe liegende Ergebnisse erzielt, in der siebten Hausaufgabe jedoch schlechte-

	E-Gr (Mittelwerte)	Ifd.Nr.	
		27 Jg.	30 Md.
HA 1			
Beschreibung	4.26	6	6
Erklärung	3.37	5	7
Gesamtleistung	7.63	11	13
HA 2			
Beschreibung	9.00	13	10
Skizze	7.85	9	6
Gesamtleistung	16.85	22	16
HA 3			
Erklärung	6.96	7	7
HA 4			
Erklärung 1	1.52	4	3
Erklärung 2	4.59	6	2
HA 5			
Deutung	18.22	25	25
HA 6			
Deutung 1	7.30	9	11
Deutung 2	5.11	8	6
HA 7			
Beschreibung	9.93	11	7
Erklärung	8.89	9	11
Deutung	5.37	4	7
Legende: HA: Hausaufgabe; E-Gr.: Experimentalgruppe; Jg.: Junge; Md. Mädchen			

Tab. 2: Fachliche Leistungen über alle Hausaufgaben

re (vgl. Tabelle 2). In der ersten Hausaufgabe hat das Mädchen von allen Lernenden mit 13 Punkten das höchste Ergebnis erreicht. Beim Vergleich ihre Antworten mit der Musterlösung wird deutlich, daß sie sowohl die Beobachtungen gut beschrieben hat als auch diese adäquat erklären konnte. Zwar hat sie nur insgesamt zwei nebengeordnete Aussagen im Teilbereich „Beobachtung“ verfasst, doch diese Aussagen sind eng-themabezogen und haben erwartungsgemäß argumentativ-spezifischen Charakter. Die Erwartung, vorwiegend argumentativ-spezifische Aussagen in den Texten zu

finden, ergibt sich aus der Aufgabenstellung der Hausaufgaben. Immer steht ein konkretes Experiment im Vordergrund, das beschrieben werden soll oder ein konkretes Problem, das mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten oder unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme gelöst werden soll. Insofern werden vorwiegend argumentativ-spezifische Aussagen erwartet, die konkrete Beispiele oder Beispielbündelungen enthalten anstatt argumentativ-allgemeine Aussagen, die allgemeine Argumente (z.B. eine chemische Gesetzmäßigkeit) oder allgemeine Beschreibung beinhalten.

1. Hausaufgabe:

- a) Was beobachtest Du beim Öffnen einer Sprudelflasche, die soeben einem Kühlschrank entnommen wurde, und einer anderen, die nicht gekühlt wurde?
b) Kannst Du diese Beobachtungen erklären?

Kodierung:

- ÖwF - Öffnen der wärmeren (warmen) Flasche
Zge - Zischen, Gas entweicht (Kohlenstoffdioxid/Kohlensäure steigt auf)
klB - kleine Bläschen steigen auf (es sprudelt/spritzt)
ÖkF - Öffnen der kälteren (kalten) Flasche
-ZG - Zischt wenig; wenig Gas entweicht
-Ba - Bläschen steigen nicht auf (wenig Bläschen steigen auf)
Z+B - Zischen und aufsteigende Gasbläschen (Sprudeln)
Mrt - Mineralwasser mit Raumtemperatur
Ge - Gas entweicht (CO₂/Kohlensäure entweicht/dehnt sich aus)
MGg - im Mineralwasser ist ein Gas gelöst
Mkt - Mineralwasser mit Kühlschranktemperatur

- Ge- - Gas entweicht nicht
Gl+ - Gas darin besser löslich (kann mehr Kohlensäure halten/Gase können sich nicht freisetzen)
G= - Gas ist
Ksd - Kohlenstoffdioxid

Musterlösung:

a) Beobachtung:

Beim Öffnen der wärmeren Flasche (ÖwF) entweicht mit lautem Zischen Gas (Zge), und im Mineralwasser steigen kleine Bläschen auf (klB). Öffnen wir die gekühlte Flasche (ÖkF), zischt es wenig bzw. gar nicht (-ZG), und die Bläschen steigen auch nicht auf (-Ba).

b) Erklärung:

Das Zischen und die aufsteigenden Gasbläschen (Z+B) beim Öffnen der Flasche mit dem wärmeren Mineralwasser (Mrt) sprechen dafür, dass ein Gas entweicht (Ge). Im Mineralwasser ist also ein Gas gelöst (MGg). Aus dem kälteren Mineralwasser entweicht das Gas nicht (Mkt, Ge-). Es ist also darin besser löslich (Gl+). Das Gas ist Kohlenstoffdioxid (G=, Ksd).

Antwort des Mädchens Nr. 30 zur ersten Hausaufgabe:

(1) a) Beim Vergleich zweier Selterflaschen, eine kalte Flasche und eine warme Flasche, beobachte ich, daß beim Öffnen der warmen Flasche (ÖwF) mehr Kohlensäure aufsteigt (ZGe), (2) und es sprudelt mehr (klB) als beim Öffnen der kalten Selterflasche (ÖkF, -Ba). (3) b) Kohlensäure besteht aus Kohlenstoffdioxid und Wasser (4) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ (5) Ich bin mir nicht sicher, aber vielleicht steht es so im Zusammenhang. (6) Kohlenstoffdioxid wird also in natürliches Wasser eingepreßt und gelöst. (7) Es entsteht also Kohlensäure. (8) Die Löslichkeit des

Gases ist vielleicht vom Druck und von der Temperatur abhängig. (9) Der Druck in den Flaschen ist ja gleich, (10) aber die Temperatur ist verschieden. (11) Wenn man jetzt eine Selterflasche erwärmt (Mrt), entweicht mehr Kohlenstoffdioxid beim Öffnen (Ge-), als beim Öffnen einer gekühlten Flasche (Mkt), (12) denn beim Öffnen wird der Druck geringer (13) und das Kohlenstoffdioxid (Ksd) steigt auf (Ge), (14) da es sich mehr gelöst hat (Gl+), (15) und es fängt an zu sprudeln (B).

Erklärung von Beobachtungen

Die Erklärung von Beobachtungen mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten fällt dem Mädchen Nr. 30 in der ersten und siebten Hausaufgabe leichter als in der zweiten und vierten (vgl. Tabelle 2). Liegen ihre fachlichen Leistungen in der zweiten Hausaufgabe auf dem durchschnittlichen Niveau der Experimentalgruppe, so sind sie in der vierten insgesamt gesehen schlechter, da sie die Fragen nur unzureichend beantwortet. So geht sie nicht auf die Frage nach weiteren Identifikationsmöglichkeiten des Reaktionsprodukts ein (Teilaufgabe c). Stattdessen wiederholt sie in der Schule gelerntes Wissen über Erdgas (ein Kohlenwasserstoff) und dessen Reaktionsprodukten bei der Verbrennung (Wasser und Kohlenstoffdioxid).

Die im Vergleich zu den durchschnittlichen fachlichen Leistungen der Experimentalgruppe geringeren Leistungen des Mädchens Nr. 30 in der vierten Hausaufgabe zeigen sich auch im thematischen Bezug. Neben vier engthemabezogenen Aussagen, von denen jeweils zwei argumentativ-allgemeinen (Aussagen zwei und sechs) und argumentativ-speziellen Charakter (Aussagen eins und sieben) haben, wurden drei Aussagen als weit-themabezogen eingeordnet (drei, vier und fünf), da sie nur am Rande etwas mit der eigentlichen Aufgabenstellung zu tun haben. Obwohl das Mädchen auch im zweiten Teil der ersten Hausaufgabe, der zum Texttyp „Erklärung von Beobachtungen“ zählt, zwei weit-themabezogene Aussagen (drei und sechs) und sogar eine Meta- (Aussage fünf) und zwei redundante Aussagen (vier und sieben) verfasst hat, ist

4. Hausaufgabe:

Man läßt eine Brennerflasche über einen längeren Zeitraum unter einem Glastrichter brennen. Die Verbrennungsgase werden durch eine Waschflasche, die in einem Becherglas mit Eis steht, abgesaugt. Bald wird in der Waschflasche eine größere Flüssigkeitsportion sichtbar. Zur Identifizierung der Flüssigkeit

wird die Siedetemperatur bestimmt. Sie beträgt 100°C.

- Welcher Stoff ist bei der Verbrennung des Brennergases entstanden?
- Fertige eine Versuchsskizze an.
- Nenne und beschreibe weitere Möglichkeiten zur Identifizierung des Reaktionsprodukts.

Antwort des Mädchens Nr. 30 zur vierten Hausaufgabe:

(1) a) Bei der Verbrennung des Erdgas-Luft-Gemisches entsteht Wasser, (2) c) dieses kann man mit dem Kupfersulfat-Versuch nachweisen. (3) a) Das Gas, das hier verwendet wird, ist Erdgas. (4) Erdgas ist ein Kohlenwasserstoff. (5) Es hat weder die Eigenschaften von Kohlenstoff noch die von Wasserstoff. (6) Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen die Oxidationsprodukte von Wasserstoff und Kohlenstoff also Wasserstoffoxid (gleich Wasser) und Kohlenstoffdioxid. (6) Durch die ständige Kühlung bildet sich also Wasser.

dieser Text durch hohe fachliche Bezogenheit gekennzeichnet. So sind die restlichen acht Aussagen (acht bis 15) entsprechend den Erwartungen eng-themabezogen mit argumentativ-speziellen Charakter. Die hohe Vernetzung dieses Textes, so finden sich insgesamt neun über- und untergeordnete Aussagen (Aussagen vier, sechs, sieben und neun bis 11 sind untergeordnet, Aussagen acht, 12 und 14 übergeordnet) neben drei nebengeordneten (Aussagen fünf, 13 und 15), die auf vier Ebenen liegen und durch fünf Aussagenketten verbunden sind, bestätigt dessen gute fachliche und sprachliche Qualität.

Die guten fachlichen Leistungen des Jungen Nr. 27 im Texttyp „Beschreibung der Beobachtungen“ setzen sich im Texttyp „Erklärung der Beobachtungen“ mit Hilfe vortheoretischer Regelmäßigkeiten in der ersten, dritten, vierten und siebten Hausaufgabe fort (vgl. Tabelle 2). Alle diese Hausaufgaben zeichnen sich durch einen eng-thematischen Bezug aus, der entsprechend den Erwartungen argumentativ-speziellen Charakter hat. Die Anzahl der über- und untergeordneten sowie nebengeordneten Aussagen, die daraus resultierenden Ebenen des Textes und die Anzahl der Aussagenketten liegen in der Regel über den durchschnittlichen Ergebnissen der Experimentalgruppe. Ohne hier in weitere Details zu gehen, kann festgehalten werden, dass sich die Texte des Jungen Nr. 27 zum Texttyp „Erklärung der Beobachtungen“ nicht nur durch gute fachliche, sondern auch durch gute sprachliche Qualität und Differenziertheit auszeichnen.

Deutung von Phänomenen

Auch die „Deutung von Phänomenen“ unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme gelingt dem Jungen Nr. 27 zunächst sehr gut. So hat er in der fünften Hausaufgabe wenig Schwierigkeiten das Energiediagramm einer exothermen Reaktion zu zeichnen, die zum Verstehen des Diagramms notwendigen Begriffe aufzulisten und dann eine schriftliche Erläuterung des Diagramms zu erarbeiten wie aus

seinem Text erkennbar ist. Dementsprechend liegen seine fachlichen Leistungen deutlich über dem durchschnittlichen Wert der Lernenden der Experimentalgruppe. Diese fünfte Hausaufgabe verlangt von den Jugendlichen die Fähigkeit zu abstraktem und systematisch-logischem Denken. Sie mußten die bei der „Verbrennung“ eines Metalls beobachteten Phänomene (Entzünden des Metalls, Wegnahme der Energiequelle, Metall „brennt“ weiter, Flammenentwicklung, „Entstehung“ eines neuen Stoffes) in eine graphische Darstellung überführen, die modellhaften Charakter hat. Das Ergebnis zu dieser Hausaufgabe ist insgesamt betrachtet schlechter als erwartet ausgefallen. Von den maximal zu erzielenden 100 Punkten haben die Schülerinnen und Schüler lediglich 18 Punkte (18%) erreicht. Vor allem die geforderte Gliederung hat die Mehrzahl der Jugendlichen nicht anfertigen können. Der Junge Nr. 27 hat zumindestens ansatzweise eine Gliederung erstellt. Aber auch die Erklärung des Energiediagramms ist den Lernenden in der geforderten Differenzierung nicht möglich gewesen. Darüber hinaus fehlt in vielen Texten der Bezug auf die in der Aufgabenstellung erwähnte Mitschülerin. Da die Mehrzahl der Lernenden der Experimentalgruppe auch in der zweiten Hausaufgabe, in der ausdrücklich ein Freund bzw. eine Freundin als Adressatin in der Aufgabenstellung erwähnt wurde, nicht auf diese Person eingingen, kann davon ausgegangen werden, dass die Lernenden nicht in der Lage waren, adressatenbezogen zu schreiben. Der Junge Nr. 27 macht in beiden Hausaufgaben keine Ausnahme; auch er schreibt nicht adressatenbezogen. Die Ergebnisse der fünften Hausaufgabe zeigen, dass diese Aufgabe die tatsächlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler weit überschätzt hat.

Der Text des Jungen Nr. 27 zur fünften Hausaufgabe ist ausgestaltet, entfaltet, gut gegliedert und zielstrebig formuliert. Die insgesamt 12 Aussagen sind gut miteinander verknüpft, eng-themagebunden und haben vorwiegend argumentativ-speziellen Charakter (Aussagen

5. Hausaufgabe:

Deine Mitschülerin hat in den letzten beiden Chemiestunden gefehlt und Dich nun gebeten, ihr das Energiediagramm einer exothermen Reaktion im Anschluß an den heutigen Unterricht zu erklären. Du hast jedoch keine Zeit für ein Gespräch, weil Du sofort zum Sport mußt. Du versprichst aber, ihr eine

schriftliche Erklärung am nächsten Tag zu geben.

- Mache Dir zunächst eine Gliederung der wichtigsten Punkte, die zum Verstehen des Energiediagramms notwendig sind.
- Verfasse dann einen entsprechenden Text und möglicherweise eine Zeichnung.

Antwort des Jungen Nr. 27 zur fünften Hausaufgabe⁸:

(1) a) 1. Energiereiches Gemisch; (2) 2. Startenergie; (3) 3. Reaktionsenergie; (4) 4. Energiearm (Lex 1). (5) b) Wir haben Schwefel- und Eisenpulver gemischt (Lex 1). (6) Dieses energiereiche Gemisch (Lex 5) haben wir (Lex 5) in ein Reagenzglas gefüllt. (7) Nun (Kon 6) brauchen wir (Lex 6) eine Startenergie (Lex 2), (8) dazu (Ref 7) benutzten wir (Lex 7) eine zum Glühen gebrachte Schraube, (9) die (Ref 8) wir (Lex 8) in das Reagenzglas (Lex 6) fallen lassen. (10) Nun (Kon 9) fängt das Gemisch (Lex 6) von oben nach unten an zu glühen (Lex 8), (11) diese Energie (Lex 10) nennt man Reaktionsenergie (Lex 3) (12) Wenn es (Ref 10) aufgehört hat zu glühen (Lex 10) ist aus dem energiereichen Gemisch (Lex 6) ein energieärmerer (Lex 4) neuer Reinstoff geworden: Eisensulfid.

fünf, sechs, acht bis zehn und 12; die Aussagen eins, sieben und 11 sind allgemein-argumentativ und die Aussagen zwei bis vier konstatierend). Der Text ist vorwiegend linear aufgebaut, was einer Beschreibung einer Handlung oder wie in dieser Aufgabenstellung eines Diagramms entspricht. Die hohe Anzahl von kohäsiven Verknüpfungen (insgesamt 21) bestätigt die gute Verstehbarkeit des Textes.

Auch mit der Deutung von Verdunstungsphänomenen in der sechsten Hausaufgabe (Eau de Cologne, Benzin) mit Hilfe der Teilchenvorstellung hat der Junge Nr. 27 keine Probleme, auch wenn die Erwartungen zu dieser Hausaufgabe nicht erfüllt wurden. Die Mehrzahl der Jugendlichen der Experimentalgruppe haben das Phänomen „Verdunsten“ nicht erklärt, sondern dieses vorwiegend beschrieben. Zwar spricht der Junge Nr. 27 von Gasteilchen, die sich im Raum verbreiten, aber wie er sich den Vorgang von

flüssig nach gasförmig vorstellt, beschreibt er nicht. Trotz dieser fachlichen Lücken sind seine insgesamt acht themabezogenen, argumentativ-speziellen Aussagen stimmig, ausgestaltet, und gut miteinander verknüpft. Der gesamte Text ist entfaltet, gut gegliedert und zielstrebig formuliert. Der leicht vernetzte Charakter der Texte zu beiden Teilaufgaben entspricht den Erwartungen und liegt deutlich über den Ergebnissen der Experimentalgruppe.

In der siebten Hausaufgabe soll zunächst das Aussehen einer brennenden Kerze beschrieben, dann erklärt werden, warum es zu einer dauernd brennenden Flamme kommt und schließlich erläutert werden, was mit den Teilchen des Waxes einer brennenden Kerze geschieht, wenn festes Wachs schmilzt und flüssiges Wachs verdampft. Der Junge Nr. 27 hat ähnlich wie ein Großteil der Lernenden der Experimentalgruppe vor allem mit dem letzten Aufgabenteil Schwierigkeiten. Anstatt

⁸ Die unterstrichenen Wörter mit nachfolgenden Kürzeln und Nummer in Klammern verweisen auf die kohäsiven Verknüpfungen und ihren Bezug zu einem Wort oder zu Wörtern in vorhergehenden Aussagen. Lex = Lexem, Kon = Konjunktion, Ref = Referenz (Pronomina, Adverbien, Komparative).

6. Hausaufgabe:

- a) Jan hat ausgiebig das Eau de Cologne seines Vaters benutzt. Bald merken es alle in der Klasse.
- b) Du schaust deiner Mutter beim Auftanken eures Autos zu. Obwohl du Abstand hältst, bewirkt ein Windhauch, dass du plötzlich das Benzin intensiv riechst. Erläutere schriftlich diese Phänomene.

Antwort des Jungen Nr. 27 zur sechsten Hausaufgabe:

(1) Eau de Cologne und Benzin verdunsten schon bei einer geringeren Temperatur. (2) Bei a) verdunstet das Eau de Cologne, (3) und die Gasteilchen verbreiten sich überall im Klassenzimmer, (4) so daß es bald jeder riecht. (5) Bei b) würde sich das verdunstete Benzin zwar bald verdünnen, (7) doch durch den Wind kann ein Teil des verdunsteten Benzins zu einem herüberwehen, (8) und man riecht das Benzin.

Antwort des Mädchens Nr. 30 zur sechsten Hausaufgabe:

(1) a) Jan benutzt ausgiebig das Eau de Cologne seines Vaters. (2) Da im Eau de Cologne ein hoher Prozentsatz an Alkohol ist, verdunstet dieser schnell, (3) d.h. die Teilchen werden zu Gas (4) und breiten sich im Raum aus. (5) Dadurch merken alle in der Klasse, daß Jan das Eau de Cologne seines Vaters benutzt. (6) b) Beim Tankvorgang kommt das flüssige Gas mit der Luft in Verbindung, (7) dadurch wird es gasförmig, (8) da es eine geringere Dichte als Luft hat. (9) Wenn das Benzin gasförmig wird, breiten sich die Teilchen weiter aus, (10) und man kann es riechen.

zu erklären, was mit den Teilchen des Wachses einer brennenden Kerze geschieht, wenn festes Wachs schmilzt und flüssiges Wachs verdampft schreibt er lediglich: „*Wenn festes Wachs schmilzt, gehen die Teilchen weiter auseinander. Wenn flüssiges Wachs verdampft, gehen die Teilchen noch weiter auseinander.*“ Die im Unterricht erlernten Kenntnisse über die sich ändernden Teilchenanordnungen beim Übergang von einem Aggregatzustand in den anderen können von dem Jungen Nr. 27 wie der Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe nur rudimentär auf ein nicht aus dem Unterricht bekanntes Beispiel übertragen werden. Die Schwierigkeit der Lernübertragung (des Transfers) zeigt sich in dieser Hausaufgabe in ihrem vollem Ausmaße. Angesichts der geringen Anzahl von Aussagen, die mit insgesamt vier noch über dem durchschnittlichem Ergebnis der Experimentalgruppe liegt, kann nicht von einer differenzierten Darstellung des Sachverhalts gesprochen werden.

Das Mädchen Nr. 30 zeigt im Texttyp „Deutung der Phänomene“ durchgängig bessere fachliche Leistungen als die Gesamtheit der Experimentalgruppe (vgl. Tabelle 2). Dass ihre Texte auch einen hohen Grad an Differenziertheit ausweisen, zeigt sich insbesondere in der sechsten Hausaufgabe. Der Text, bestehend aus insgesamt acht eng-themagebundenen und gut entfaltenen Aussagen, zeigt einen hohen Grad an Problemerkennung, Stimmigkeit, Ausgestaltung, Gliedertheit und Zielstrebigkeit. Die Rangstufen liegen mit drei bis vier deutlich vor den Durchschnittswerten der Experimentalgruppe von zwei bis drei. Die Analyse der Inhaltsstruktur führt zu drei übergeordneten (drei, acht und neun), drei untergeordneten (zwei, fünf und 10) und zwei nebengeordneten Aussagen (vier und sieben), die insgesamt auf vier Ebenen liegen. Auch wenn die Aussagen sechs und sieben nicht stimmen und das Mädchen Nr. 30 ebenso wie der Junge Nr. 27 und die Mehrzahl der Jugendlichen der Experimentalgruppe, das Phänomen Verdunsten nicht mit Hilfe der Teilchenvorstellung erklärt hat, zeigen fachliche und

sprachliche Analyse, dass das Mädchen die Deutung der Sachverhalte in der dargestellten Weise differenziert vorgenommen hat.

5. Diskussion

Die Analyse der schriftlichen Produkte des Jungen Nr. 27 und des Mädchens Nr. 30 führen die Unterschiedlichkeit ihrer fachlichen und sprachlichen Leistungen sowie die Abweichungen ihrer individuellen Leistungen von den Ergebnissen der gesamten Experimentalgruppe vor Augen. Für den Jungen Nr. 27 kann zusammenfassend gesagt werden, dass er über den gesamten Zeitraum des Schulversuchs hin über gute chemische Kenntnisse verfügt. Analoges gilt für seine sprachlichen Fähigkeiten. Sowohl die Texte in denen er Beobachtungen beschreibt und diese mit Hilfe vortheorietischer Regelmäßigkeiten erklärt als auch die Texte in denen die Phänomene unter Zuhilfenahme abstrakter Theoreme gedeutet werden, zeichnen sich durch einen hohen thematischen Bezug und einen hohen Differenzierungsgrad - gemessenen an der Anzahl von über-, unter- und nebengeordneten Aussagen - aus. Die große Anzahl kohäsiver Verknüpfungen zeigt außerdem, dass er den gedankliche Zusammenhang zwischen den Aussagen herstellen kann, somit seine Texte für die Leserin oder den Leser nachvollziehbar sind. Angesichts dieser Ergebnisse kann davon gesprochen werden, dass die Aufforderung zur Verschriftlichung bei dem Jungen Nr. 27 zu differenzierten Äußerungen geführt hat, die sowohl von fachlich als auch von sprachlich guter Qualität sind.

Auch wenn das Mädchen Nr. 30 in einzelnen Teilen der Hausaufgaben schlechtere fachliche Leistungen als die Experimentalgruppe erzielt hat, kann zusammenfassend festgehalten werden, dass sie in den sieben Hausaufgaben gute bis durchschnittlichen fachliche Leistungen erzielt hat. Im Vergleich zu dem Jungen Nr. 27 sind ihre jedoch geringer. Ihre sprachlichen Fähigkeiten entsprechen diesen fachlichen Leistungen. Sofern das Mädchen über gute fachliche Leistungen verfügt, kann sie diese auch sprachlich adäquat umsetzen wie

im zweiten Teil der ersten und in der sechsten Hausaufgabe erkennbar ist. Sind ihre fachlichen Leistungen hingegen ungenügend, wie in der vierten Hausaufgabe, dann sind es auch ihre sprachlichen.

Bei der eigenständigen Formulierung eines Sachtextes muß das eigene Wissen zunächst gedanklich geordnet und dann in einer logischen Sequenz von Aussagen formuliert werden. Dieses setzt voraus, dass die Lernenden den Inhalt soweit gedanklich erfasst haben, dass sie angemessene Worte und Sätze elaborieren können. Sofern aber die fachlichen Voraussetzungen lückenhaft sind - wie beim Mädchen Nr. 30 in der vierten Hausaufgabe und beim Jungen Nr. 27 im dritten Aufgabenteil der siebten Hausaufgabe -, treten bereits bei der Strukturierung der Gedanken Probleme auf, die sich in der schriftlichen Darstellung fortsetzen, wie die sprachliche Analyse verdeutlicht hat. Schreiben trägt somit nur dann zu einem verstehenden Lernen chemischer oder allgemeiner naturwissenschaftlicher Sachverhalte bei, wenn die Lernenden bereits über ein fachspezifisches Wissen verfügen (Hayes & Flower, 1980; de Beaugrande, 1984).

Aber nicht nur fachspezifisches Wissen ist Voraussetzung für ein verstehendes Lernen. Neben der Bereitschaft, sich schreibend auf eine Sache einzulassen, mit der Intention, sie für sich selbst zu klären (Eigler u.a., 1990), müssen die Lernenden über das grundlegende sprachliche Wissen zum Verfassen chemischer bzw. naturwissenschaftlicher Texte verfügen. Diese Fähigkeiten zu schriftlicher Formulierung hätten die Lernenden im Chemieunterricht des Schulversuchs nicht erwerben, sondern anwenden und entwickeln sollen. Aber ein Großteil der Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe war kaum in der Lage, Fähigkeiten und Fertigkeiten aus dem Deutschunterricht in das Fach Chemie zu übertragen. Die auffallend hohe Zahl von Rechtschreib-, Grammatik- und Interpunktionsfehlern sind dafür ebenso ein Indiz wie die nur schwach ausgeprägte Fähigkeit der Lernenden, adressatenspezifisch zu schreiben (die Texte des Jungen Nr. 27 zur zweiten und

fünften Hausaufgabe machen diesen Mangel recht anschaulich) oder vor der Textproduktion mit einer stichpunktartigen Gliederung des Textes zu beginnen, wie in der fünften Hausaufgabe erbeten. Damit stellt sich die Frage inwieweit das Schreiben selbst zum Gegenstand des Chemieunterrichts gemacht werden soll. Diese kann sicherlich nur mit ja beantwortet werden. Darüber hinaus bietet sich eine Zusammenarbeit mit der Deutschlehrerin bzw. dem Deutschlehrer an. Beispiele aus der „Writing across the Curriculum“ Bewegung zeigen, dass sich derartige sowohl für die Lehrkräfte als auch für die Lernenden als sinnvoll erwiesen hat (Carlisle & Kinsinger, 1977; Hotchkiss & Nellis, 1988; Kirkpatrick & Pittendrigh, 1984; Strauss & Fulwiler, 1987; Thall & Bays, 1989). Durch das Sprengen der Fachgrenzen, werden Vorurteile zwischen Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften abgebaut und neue Erkenntnisse für den eigenen Unterricht gewonnen. Die Schülerinnen und Schüler werden außerdem eher einen Sinn im Erlernen von Grammatik, Rechtschreibung und Interpunktion und dem Verfassen von Texten unterschiedlichster Texttypen erkennen, wenn sie diese Kenntnisse und Fähigkeiten auch in anderen Fächern einsetzen können und damit - wie die beiden Fallbeispiele anschaulich gezeigt haben - ihre fachlichen und sprachlichen Leistungen verbessern können.

Teilweise wurden im Verlauf des Schulversuch Motivationsverluste beim Erstellen der schriftlichen Hausaufgaben sichtbar⁹; die schlechter werdenden Leistungen des Mädchens Nr. 30 im Texttyp „Beschreibung von Beobachtungen“ können beispielsweise darauf zurückgeführt werden. Derartige Probleme sollten ernst genommen werden, um die Wirkung des Schreibens nicht zu vermindern. Neben einer schrittweisen und gezielten Aufforderung zur schriftlichen Auseinandersetzung mit den chemischen bzw. naturwissenschaftlichen Sachverhalten in Form der im

Schulversuch eingesetzten darstellenden Texttypen, sollten auch andere Texttypen, die mehr dem expressivem Schreiben zugeordnet werden, in den Chemie- bzw. naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden (Hand & Prain, 1997). So können Formen der schriftlichen Darstellung wie „Steckbriefe“ zu spezifischen Themen (z.B. zum Thema Salzstrasse oder Eisengewinnung und -verhütung) gewählt werden, die den Jugendlichen die Freiheit der Darstellungsform (Malen, Schreiben, Basteln) und eine Vielfalt der Zugangsweisen (chemisch, historisch, physikalisch, geographisch etc.) gewährt. Daneben kann das Schreiben von Journals, einer Mischung aus Notizen und Tagebucheinträgen, Skizzen, Bildern oder Cartoons im Unterricht sinnvoll eingesetzt werden (Rose, 1989). Doch nicht nur der Texttyp sollte variiert werden, auch das Schreiben selbst sollte nicht nur als Einzelarbeit im oder außerhalb des Unterrichts durchgeführt werden. Partner- und/oder Gruppenarbeit bieten sich hier ebenso an wie beim Experimentieren. Keys u.a. (1998) haben sowohl partnerschaftliches Schreiben als auch Gruppenschreiben mit Erfolg im naturwissenschaftlichen Unterricht einer achten Klasse eingesetzt. Sie konnten mit ihrer Studie aufzeigen, daß das fachliche Verständnis von naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden mit Hilfe heuristischen Schreibens gefördert werden kann. Mit zunehmendem Einsatz des Computers im Unterricht, kann schließlich auch dieser für das Schreiben und den Austausch der schriftlichen Produkte mit der Lehrkraft und/oder den Mitschülerinnen und Mitschülern (Email) genutzt werden.

Die beiden Fallanalysen lassen sicherlich keine verallgemeinernden Schlussfolgerungen zu, können jedoch als Beispiele dienen, wie das Schreiben sinnvoll in den Chemieunterricht oder allgemein in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden kann, um zu einem verstehenden Lernen

9 Die Motivationsverluste sind zum Teil auf die aus organisatorischen Gründen notwendige Teilung jeder Klasse in eine Experimentalgruppe, die die Hausaufgaben schriftlich anfertigte und in eine Kontrollgruppe, die diese mündlich erledigte, zurückzuführen.

naturwissenschaftlicher Sachverhalte beizutragen. Beim Schreiben geht es nicht nur um die Ergänzung durch weitere Wissensbestandteile, sondern um die Erarbeitung eines konsistenten gedanklichen Zusammenhangs. Werden unterschiedliche Schreibformen und -aktivitäten im Unterricht eingesetzt, so wird für die Lernenden der Gewinn des Schreibens für den Lernprozess erkennbar. Darüber hinaus bietet das Schreiben den Lehrkräften die Möglichkeit, den individuellen Lernprozess der Schülerin bzw. des Schülers Schritt für Schritt zu verfolgen und zu unterstützen.

„Die Lust am Schreiben besteht in der Überraschung, sich plötzlich an etwas zu erinnern, von dem man nicht wusste, daß man es weiß“ (Modick, 1994, S. 86)

Literatur

- Aebli, H. (1991). Zwölf Grundformen des Lehrens, Stuttgart.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1980). Psychologie des Unterrichts. Bd. 1, 2. völlig überarbeitete Auflage, Weinheim & Basel.
- Beaugrande, R. de (1984). Text production, Norwood.
- Beaugrande, R. de (1987). Writing and meaning: Contexts of Research. In Matsushashi, A. (Hrsg.). Writing in real time, 1-33.
- Becker, H.-J. (1994). Chemiedidaktische Entwicklungen in der Bundesrepublik Deutschland - Situationsanalyse und Bilanz, Frankfurt/Main u.a.
- Bereiter, C. (1980). Development in Writing. In Gregg, L.W. & Steinberg, E.R. (Hrsg.). Cognitive processes in writing, Hillsdale, 73-93.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1985). Wissen-Wiedergeben als ein Modell für das Schreiben von Instruktionen durch ungeübte Schreiber. Unterrichtswissenschaft, 13, 319-333.
- Britton, J. (1973). Die sprachliche Entwicklung in Kindheit und Jugend, Düsseldorf.
- Bruner, J.S. & Olson, D.R. (1978). Symbole und Texte als Werkzeuge des Denkens. In Steiner, G. (Hrsg.). Die Psychologie des 20. Jahrhunderts, Bd. VII: Piaget und die Folgen, Zürich, 306-320.
- Carlisle, E.F. & Kinsinger, J.B. (1977). Scientific Writing. A humanistic and scientific course for science undergraduates. Journal of Chemical Education, 54 (10), 632-634.
- Chafe, W. L. (1977). Creativity in verbalization and its implications for the nature of stored knowledge. In Freedle, R.O. (Hrsg.). Discourse production and comprehension, Norwood, 41-55.
- Chafe, W. L. (1985). Linguistic differences produced by differences between speaking and writing. In Olson, D.R., Torrance, N. & Hildyard, A. (Hrsg.). Literacy, language, and learning, Cambridge, 105-123.
- Chemie heute (1989). Sekundarbereich I. Lehrband mit Kopiervorlagen, Hannover.
- Connolly, P. & Vilardi, T. (1990) (Hrsg.). Writing to Learn Mathematics and Science, New York & London, 2. Aufl.
- Dijk, T.A. van (1980). Textwissenschaft. Eine interdisziplinäre Einführung, Tübingen.
- Eigler, G. (1985). Textverarbeiten und Textproduzieren. Entwicklungstendenzen angewandter kognitiver Wissenschaft. Unterrichtswissenschaft, 13, 301-318.
- Eigler, G. (1988). Wissen und Schreiben. Vortrag anlässlich der Jahressitzung der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Freiburg am 12. 11. 1987. Freiburger Universitätsblätter.
- Eigler, G. (1998). Textkommunikation als Wechselspiel von Textverarbeiten und Textproduzieren. Unterrichtswissenschaft, 26 (1), 51-66.
- Eigler, G., Jechle, Th., Merziger, G. & Winter, A. (1990). Wissen und Textproduzieren, Tübingen.
- Eigler, G. & Nenniger, P. (1985). Zusammenfassung von Lehrtexten – mündlich/schriftlich. Unterrichtswissenschaft, 13, 346-361.
- Essen, E. (1964). Beurteilung von Leistungen im Deutschunterricht. Der Deutschunterricht, 1, 34-51.
- Fellows, N. (1994). A window into thinking: Using student writing to understand conceptual change in science learning. Journal of Research in Science Teaching, 31 (9), 985-1001.
- Flower, L.S. & Hayes, J.R. (1977). Problem-solving strategies and the writing process. College English, 39 (4), 449-461.

- Frederiksen, C.H. & Dominic, J.F. (Hrsg.) (1981). *Writing: The nature, development, and teaching of written communication*, Vol. 2: Writing: Process, development & communication, Hillsdale.
- Gallin, P. & Ruf, U. (1991). *Sprache und Mathematik in der Schule. Auf eigenen Wegen zur Fachkompetenz. Illustriert mit sechzehn Szenen aus der Biographie von Lernenden*, 2. Aufl. Zürich.
- Gallin, P. & Ruf, U. (1993). *Sprache und Mathematik in der Schule. Ein Bericht aus der Praxis*. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 14 (1), 3-33.
- Gallin, P. & Ruf, U. (1995). Singuläre Schülertexte als Basis eines allgemeinbildenden Mathematikunterrichts. In Biehler, R., Heymann, H.W. & Winkelmann, B. (Hrsg.). *Mathematik allgemeinbildend unterrichten: Impulse für Lehrerbildung und Schule*, Köln, 58-82.
- Glynn, S.M. & Muth, D.K. (1994). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 1057-1073.
- Gregg, L.W. & Steinberg, E.R. (Hrsg.) (1980). *Cognitive processes in writing*, Hillsdale New York.
- Hahn, H. (1966). Flensburger Norm für die Aufsatzbeurteilung. *Pädagogische Provinz*, 20 (3), 190-194.
- Halliday, M.A.K. & Hasan, R. (1976). *Cohesion in English*, London.
- Hand, B. & Prain, V. (1997). Developing a model to enhance writing for learning in secondary school science: Some implementation issues. Paper presented at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, IL, March 21-24.
- Hayes, J.R. & Flower, L.S. (1980). Identifying the organization of writing processes. In Gregg, L.W. & Steinberg, E.R. (Hrsg.). *Cognitive processes in writing*, Hillsdale N.J., 3-30.
- Hayes, J.R. & Flower, L.S. (1980a). Writing as problem solving. *Visible Language*, 14 (4), 388-399.
- Heller, K., Gaedike, A.K. & Weinläder, H. (1976). *Kognitiver Fähigkeitstest. KFT 4-13*, Weinheim.
- Holliday, G., Yore, L.D. & Alvermann, D.E. (1994). The reading-science learning-writing connection: Breakthroughs, barriers, and promises. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 877-893.
- Hotchkiss, S.K. & Nellis, M.K. (1988). Writing across the curriculum. Team-teaching the review article in biology. *Journal of College Science Teaching*, 28 (1), 45-47.
- Keys, C.W. (1994). The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: An interpretive study of six ninth-grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 1003-1022.
- Keys, C.W., Hand, B., Prain, V. & Sellers, S. (1998). Promoting conceptual understanding of investigatory science through writing heuristics. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA, April 13-18.
- Kirkpatrick, L.D. & Pittendrigh, A.S. (1984). A writing teacher in the physics classroom. *The Physics Teacher*, 22 (3), 59-164.
- Lueg, C.H. (1972). Kriterien für die Beurteilung von Schüleraufsätzen. *Mitteilungen des Deutschen Germanistenverbandes*, 1, 8f.
- MacVaugh, P.Q. (1990). *Writing to learn: A phenomenological study of the use of journals to facilitate learning in the content areas* (Doctoral dissertation, Boston University, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 1101A.
- Martin, N. (1992). Language across the curriculum: Where it began and what it promises. In Herrington, A. & Moran, C. (Hrsg.). *Writing, teaching, and learning in the disciplines*, N.Y., 6-21
- Mason, L. (forthcoming). Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse. *Instructional Science*.
- Modick, K. (1994). *Der Flügel*, Frankfurt a.M.
- Molitor, S. (1984). *Kognitive Prozesse beim Schreiben*, Tübingen.
- Molitor, S. (1987). Weiterentwicklung eines Textproduktionsmodells durch Fallstudien. *Unterrichtswissenschaft*, 13, 334-394.
- Nieswandt, M. (1997). *Verstehendes Lernen im Chemieunterricht: Schreiben als Mittel*, Kiel.
- Reaves, R.R. (1991). The effects of writing-to-learn activities on the content knowledge, retention of information, and attitudes toward writing of selected vocational agriculture education students (Doctoral dissertation, North Carolina State University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 1614A.
- Riehtmüller, W.F. & Sendler, F. (1973). Vorschlag zur Verbesserung der Aufsatzbeurteilung. *Lebendige Schule*, 28 (2), 46-55.
- Rivard, L.P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 969-983.

- Rose, B.J. (1989). Using expressive writing to support the learning of mathematics (Doctoral dissertation, University of Rochester, 1989). Dissertation Abstracts International, 50, 867A.
- Santa, C.M. & Havens L.T. (1991). Learning through writing. In Santa, C.M. & Alvermann, D.E. (Hrsg.). Science learning: Processes and applications, 122-133.
- Seiffke-Krenke, I. (1987). Textmerkmale von Tagebüchern und die Veränderung der Schreibstrategie. Unterrichtswissenschaft, 15, 366-381.
- Soven, M. (1988). Beyond the first workshop: What else can you do to help faculty? In McLeod, S.H. (Hrsg.). Strengthening programs for Writing Across the Curriculum (New directions for teaching and learning, No. 36), San Francisco, 13-20.
- Strauss, M.J. & Fulwiler, T. (1987). Interactive writing and learning chemistry. Journal of College Science Teaching, 16 (8), 256-262.
- Stork, H. (1988). Zum Chemieunterricht in der Sekundarstufe I, Kiel.
- Stork, H. (1993). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In Duit, R. & Gräber, W. (Hrsg.). Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften, Kiel, 63-84.
- Stork, H., Schulz, P. & Johanssen, R. (1993). Auf dem Weg in die Chemie. Einführender Unterricht in der Sekundarstufe I. IPN Blätter, 3, 1 u. 3.
- Ströcker, E. (1967). Denkwege der Chemie. Elemente ihrer Wissenschaftstheorie, Freiburg & München.
- Thall, E. & Bays, G. (1989). Utilizing ungraded writing in chemistry classroom. Journal of College Science Teaching, 16 (8), 662f.
- Übersicht zum Lehrplan Deutsch (1986). In Der Kultusminister des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.). Gymnasium. Übersichten zu den Lehrplänen, 12-21.
- Ulshöfer, R. (1967). Methodik des Deutschunterrichts. Unterstufe, Stuttgart.
- Webb, T.A. (1990). Student and faculty response to writing to learn at the college level (Doctoral dissertation, Michigan State University, 1990). Dissertation Abstract International, 51, 1538A.
- Willey, L.H. (1988). The effects of selected writing to learn approaches on high school students' attitudes and achievement (Doctoral dissertation, Mississippi State University, 1988). Dissertation Abstract International, 49, 3611A.

Dr. Martina Nieswandt ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel.

Dr. Martina Nieswandt
 Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)
 an der Universität Kiel
 Olshausenstr. 62
 24098 Kiel
 E-mail: nieswandt@ipn.uni-kiel.de