

Sumfleth, Elke; Tiemann, Rüdiger

Bilder und Begriffe - Repräsentieren sie ähnliche Inhalte?

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 6 (2000), S. 115-127



Quellenangabe/ Reference:

Sumfleth, Elke; Tiemann, Rüdiger: Bilder und Begriffe - Repräsentieren sie ähnliche Inhalte? - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 6 (2000), S. 115-127 - URN: urn:nbn:de:01111-pedocs-315456 - DOI: 10.25656/01:31545

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:01111-pedocs-315456>

<https://doi.org/10.25656/01:31545>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<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

ELKE SUMFLETH UND RÜDIGER TIEMANN

Bilder und Begriffe - Repräsentieren sie ähnliche Inhalte?

Zusammenfassung:

Bilder werden als sprachunabhängige Repräsentationsform zur Darstellung von Inhalten benutzt und scheinen einen konkreteren Zugang zu einer Thematik zu ermöglichen als Begriffe. Ihre geringe Lernwirksamkeit ist daher unerwartet. Eine mögliche Ursache könnte in prinzipiell unterschiedlichen Bedeutungsrahmen von Bildern und Begriffen liegen. Dieser Frage wird in der vorliegenden Untersuchung mit Hilfe von Assoziationstests nachgegangen. Es zeigt sich, dass die zur Illustration von Begriffen z.B. in Schulbüchern verwendeten Bilder von den Lernenden mit deutlich anderen Inhalten belegt werden als die Begriffe selbst. Auch generieren Bilder und Begriffe mit Bezug zum alltäglichen Erfahrungsraum der Lernenden einheitlichere Vorstellungen als solche, die auf naturwissenschaftliche Inhalte orientiert sind. Dabei stimmt die intendierte intensionale Ausrichtung der Bilder nicht unbedingt mit der wahrgenommenen Intension überein.

Abstract:

Illustrations are used as a language independent representation form for representing contents and seem to offer a more concrete access to a special subject than terms do. Therefore their low learning effectivity was not expected. Its possible cause could be the fundamentally different frames of meaning of illustrations and of terms. This hypothesis is investigated through association tests. The result is that learners attach notably different meanings to the illustrations, which are used to visualise contents e.g. in school books, than to the terms. In addition, illustrations and terms related to daily life generate more coherent conceptions than those related to sciences. The intended intensional meaning of illustrations does not necessarily correspond with the perceived intension.

1. Einleitung

Herkömmliche Concept Mapping Verfahren basieren auf der Vorgabe ausgewählter Begriffe. Dadurch findet immanent eine Auswahl möglicher Begriffsnetze statt, wobei unter Umständen keines den Vorstellungen des Lernenden gerecht wird. Die Selektion der Begriffe beschränkt sich oftmals auf fachsystematische Begriffe, die es kaum ermöglichen, dem individuellen Charakter von Vorstellungen Rechnung zu tragen. Demgegenüber sind die Gestaltungsmöglichkeiten der Lernenden bei der Vorgabe von Bildern deutlich größer. Deshalb ist auf dieser Basis ein neues Mapping-Verfahren, das Own Word Mapping, entwickelt worden (Sumfleth und Tiemann 2000, Tiemann 1999). Es stellt sich dabei die Frage, ob Bilder und Begriffe überhaupt ähnliche Assoziationen generieren. In prinzipiell unterschiedlichen Interpretationen könnte auch die Ursache für die geringe Lernwirk-

samkeit von erklärenden Abbildungen liegen (Sumfleth und Telgenbüscher 2000).

Die Erfassung der Bedeutungshaltigkeit von Begriffen wird in quantitativen Ansätzen auf statistische Kennwerte reduziert, während qualitative Ansätze ergänzend die inhaltliche Ausschärfung des Begriffes auch mit Blick auf das Individuum in Betracht ziehen. Die Forschung ist in diesem Bereich relativ weit fortgeschritten, während die Bedeutungshaltigkeit von Bildern sowohl in der Psychologie als auch in den Fachdidaktiken deutlich weniger gut untersucht ist.

2. Bedeutungshaltigkeit von Begriffen

Die intensionale Bedeutung eines Begriffs kennzeichnet den Begriffsinhalt, der durch die Merkmale beschrieben wird, die allen Beispielen gemeinsam sind. Die extensionale Bedeutungsbeschreibung erfolgt dagegen über den Begriffsumfang, d.h. über die Anga-

be der Gesamtheit an Beispielen (Grzesik 1988). Eine solche, auf einer semantischen Merkmalsanalyse basierende Wortbedeutungsbestimmung ist zwar für definitorisch festgelegte Begriffe ein geeignetes Mittel, wird aber weder dem situativen noch dem individuellen Charakter der Bedeutungskonstruktionsprozesse gerecht. Zunehmend wird daher bei der Beschreibung von Wortbedeutungen der nicht analytisch zugängliche Teil des Bedeutungsbegriffs anhand von Prototypen beschrieben. Prototyp ist das beispielhafte Objekt, das am ausgeprägtesten die Eigenschaften aufzeigt (Jahr 1993).

Der Begriff der Bedeutungshaltigkeit geht auf Noble (1952) zurück (Herkner 1986), der über Wortassoziationstests die durchschnittliche Anzahl an Assoziationen, die durch Wörter hervorgerufen werden, ermittelt hat. Je reichhaltiger die Assoziationen zu einem Wort sind, desto höher ist dessen Bedeutungshaltigkeit. Mit dieser auf quantifizierenden Merkmalen basierenden Definition läßt sich auch für Bilder eine Bedeutungshaltigkeit ermitteln. Die Art der Assoziationen spielt hierbei keine Rolle. Baschek, Bredenkamp, Oerle und Wippich (1977) ermitteln die Bedeutungshaltigkeit letztendlich auch über die Anzahl an Assoziationen, wenn sie Begriffe anhand einer Ratingskala nach dem Ausmaß einstufen lassen, in dem sie Assoziationen hervorrufen.

Flammer, Reisbeck und Stadler (1985) verwenden Assoziationstests, um die Frage der Eindeutigkeit der Repräsentation eines Inhalts durch einen Begriff zu klären. Hierzu nennen die Versuchspersonen spontan Beispiele zu einem Begriff. Dabei sind einige Beispiele typischer als andere. Die Existenz von unscharfen Grenzen (sog. „fuzzy sets“) für Konzepte ist allgemein anerkannt. Deshalb werden Typikalitätsnormen für verschiedene Alltagskonzepte erstellt, indem die Gesamtanzahl an Nennungen für jeden Begriff (objektiver Umfang), die durchschnittliche Anzahl an Nennungen pro Begriff (subjektiver Umfang), der Konsenskoeffizient (das Verhältnis von objektivem zu subjektivem Umfang) und ein „Konzentri-

onsmaß R60“ erhoben wird. Dieses Konzentrationsmaß R60 gibt an, bis zu welchem Rangplatz, sortiert nach Häufigkeit ihrer Nennung, 60% aller Beispiele genannt wurden. Aus diesen Daten werden verschiedene statistische Kennwerte ermittelt, die als typische Normen für die jeweiligen Konzepte interpretiert werden. Es erscheint jedoch eher fraglich, ob derartige Mathematisierungen für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung einen geeigneten Weg zur Operationalisierung der Variable „Bedeutungshaltigkeit“ darstellen. Eckes (1985) wendet ein, dass es sich bei diesen Daten mehr um Produktionsnormen, denn um Typikalitätsnormen handelt. Diese beiden Variablen weisen untereinander aber nur eine Korrelation von 0.6 auf, beschreiben somit offenbar verschiedene Aspekte der Kognition. Eckes und Six (1984) bestimmen die Typikalität mit Hilfe von Ratingskalen, anhand derer Versuchspersonen beurteilen, wie typisch ausgewählte Begriffe für eine semantische Kategorie sind.

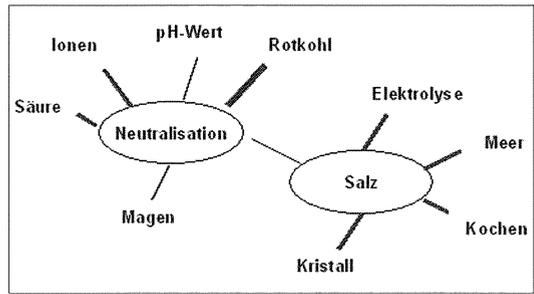
Bromme und Bündler (1994) untersuchen das Verständnis von Begriffen über Produktionsnormen. Unterschiede im Grundverständnis der Begriffe Säuren, Basen, Oxidationsmittel und Reduktionsmittel bei Personen mit unterschiedlichem Vorwissen beruhen nicht allein auf Kenntnisunterschieden. Vielmehr wird die Variabilität durch die unterschiedlichen situativen Kontexte verursacht, in denen die Begriffe von verschiedenen Personengruppen verwendet werden. Lehramtsstudierende und Lernende der Oberstufe verweisen nur selten auf theoretische Zusammenhänge, sondern überwiegend auf die phänomenologische Ebene, während die Teilnehmenden der Chemie-Olympiade deutlich häufiger Merkmale der theoretischen Modelle von Säure-Base-Reaktionen nennen. Auch fügen diese Substanzmerkmale an, die für die chemische Umsetzung der Stoffe von Bedeutung sind. Dieser als „Dynamik“ bezeichnete Aspekt ist in der Gruppe der Diplomchemiker noch deutlicher ausgeprägt. Diese beziehen sich auch auf theoretische Modelle, um Gemeinsamkeiten von mehreren Substanzklassen auf-

zuzeigen. Hinzu kommt, dass sie vielfach auf ihr „Laborwissen“ zurückgreifen, also pragmatische Gesichtspunkte wie Giftigkeit o.ä. mit anführen und technische Realisierungen nennen. Die Unterschiede in den Ergebnissen der Versuchsgruppen sind also in den Bereichen „Handhabung“ und „Theorie“ zu sehen.

Die Produktionsnormen der chemischen Fachbegriffe „Säure“ und „Base“ unterscheiden sich nur graduell von denen von Alltagsbegriffen (Bromme, Rambow und Wiedmann 1998). Bei einem anschließenden Typikalitätsrating verschiedener Säurebeispiele zeigen sich jedoch Einflüsse fachlicher Charakteristika und der Vertrautheit mit diesen Begriffen. Die Teilnehmenden beurteilen 41 verschiedene Säuren (anorganische, organische und Lewis-Säuren) auf einer Ratingskala danach, wie typisch diese den Begriff Säure repräsentieren. Einige Säuren werden in der Formeldarstellung dargeboten, andere über Substanznamen. Die Ergebnisse zeigen einen Zusammenhang zwischen der Typizität einer Säure und der Säurestärke. Säuren sind um so typischer, je kleiner ihr pKs-Wert ist. Auch werden anorganische Säuren und Lewis Säuren in der Formeldarstellung als typischer beurteilt, organische Säuren dagegen eher in der „Volltextdarstellung“.

Sutton (1992, S. 57) argumentiert, dass die Bedeutung eines Wortes durch seine Verknüpfungen mit anderen Wörtern erkennbar wird. Dieser Gedanke läßt sich bei Assoziations-tests dadurch berücksichtigen, dass die zu einem Reizwort assoziierten Begriffe in unterschiedlicher Entfernung zu diesem angeordnet werden. Dies entspricht tendenziell dem Auffinden von Typikalitätsnormen für eine Kategorie (vgl. Eckes 1985). Es folgen relative Aussagen, da eine Absolutheitsskala für die Entfernung einer Assoziation zum Reizwort fehlt. Diese Idee wird auch bei dem „Klettenmodell“ (Schäfer 1984, Sutton 1980, 1992) berücksichtigt. In Abb. 1 wird die Stärke der Verbindung über die Strichstärke des Hakens ausgedrückt.

Es lassen sich so neben der Entwicklung der Bedeutung ein und desselben Wortes auch Zusammenhänge zwischen den Bedeutungen



verschiedener Begriffe verdeutlichen. Bromme und Bündler (1994) haben dies durch Schnittmengen von identischen Merkmalsnennungen zum Ausdruck gebracht. Jedoch zeichnet sich unter diesem Gesichtspunkt die Methode der „Klettenmodelle“ insbesondere im qualitativen Bereich durch ihre Anschaulichkeit aus. So wird das Klettenmodell neben weiteren Maßnahmen empfohlen, um Schüler z.B. auf die verschiedenen Bedeutungen von Wörtern in unterschiedlichen Kontexten aufmerksam zu machen (Bouma, Brandt, de Bueger, Sumfleth und Sutton 1986). Ebenfalls zur Verdeutlichung von Zusammenhängen und unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten dient die Erstellung von Begriffsnetzen aus den Assoziationslisten mehrerer Schüler. Im Ergebnis ähneln diese Begriffsnetze aneinander gehängten „Kletten“ (White und Gunstone 1992).

Ratcliffe (1995) gibt den Begriff Oxidation vor und läßt Lernende einige Minuten lang frei assoziieren und dann aus diesen Begriffen ein Concept Map erstellen. Der Vergleich verdeutlicht, dass die Lernenden zwar in den Assoziationstests definitives Wissen zeigen, dieses jedoch nicht zueinander in Beziehung setzen können. Dieser Befund bestätigt die mittels Erklärungstests aufgezeigte Situation im herkömmlichen Chemieunterricht (Sumfleth 1988). Darüber hinaus kommt Ratcliffe zu dem Schluß, dass Assoziationstests geeignet sind, den „assoziativen Rahmen“ einer Thematik zu bestimmen und dass „the use of word association and concept mapping in tandem provided a powerful combination for examining and clarifying the nature of students` understanding“ (Ratcliffe 1995, S. 16). Assoziationstests erscheinen also als

geeignetes Untersuchungsinstrument, um den assoziativen Rahmen eines Begriffes zu bestimmen (s.a. Cachapuz und Maskill 1989). Auch für die Untersuchung von Bildern sollten prinzipiell ähnliche Methoden geeignet sein.

3. Untersuchungsdesign und Testverfahren

In der vorliegenden Untersuchung wird mit Hilfe von Assoziationstests geklärt, welche assoziativen Bedeutungen die Lernenden mit Bildern und Begriffen verbinden. Es wird der Frage nachgegangen, in wieweit sich Bilder und Begriffe in ihrer Bedeutung entsprechen, weil die Bilder häufig zur Illustration der Begriffe verwendet werden.

3.1 Hypothesen und Design

Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen zwei Kernhypothesen:

1. Bilder lösen mehr Assoziationen aus als Begriffe.
2. Begriffe generieren typischere Assoziationen als Bilder.

Die erste Kernhypothese bezieht sich auf die extensionale Bedeutung von Bildern und Begriffen. Die Frage nach dem Umfang an generierten Assoziationen steht im Vordergrund. Diese Kernhypothese wird folgendermaßen spezifiziert:

- 1.1. Bilder mit alltagsweltlichem Bezug lösen mehr Assoziationen aus als Bilder mit fachwissenschaftlichem Bezug.
- 1.2. Alltagssprachliche Begriffe generieren mehr Assoziationen als fachwissenschaftliche Begriffe.
- 1.3. Bilder generieren mehr Assoziationen als die ihnen vermeintlich entsprechenden Begriffe.

Die zweite Kernhypothese bezieht sich hingegen auf die Intensionalität der piktorialen und schriftsprachlichen Bedeutungsträger, also auf deren Inhalte. Sie betrifft vor allem die Unterschiede und Gemeinsamkeiten beider Symbolsysteme. Damit ergibt sich folgende Spezifizierung:

- 2.1. Bilder mit fachwissenschaftlichem Bezug generieren einheitlichere Assoziationen als solche mit alltagsweltlichem Bezug.
- 2.2. Fachwissenschaftliche Begriffe generieren einheitlichere Assoziationen als alltags-sprachliche Begriffe.
- 2.3. Begriffe generieren einheitlichere Assoziationen als die ihnen vermeintlich entsprechenden Bilder.

Die Untersuchung wird in den Themengebieten Redox-Reaktionen und Säure-Base-Reaktionen durchgeführt. Aus beiden Themengebieten werden jeweils vier typische Bilder und Begriffe ausgewählt, wobei die Bilder und die Begriffe vermeintlich Gleiches repräsentieren. Insgesamt werden also acht Bildstimuli und acht Wortstimuli im Hinblick auf die mit ihnen verbundenen Assoziationen untersucht.

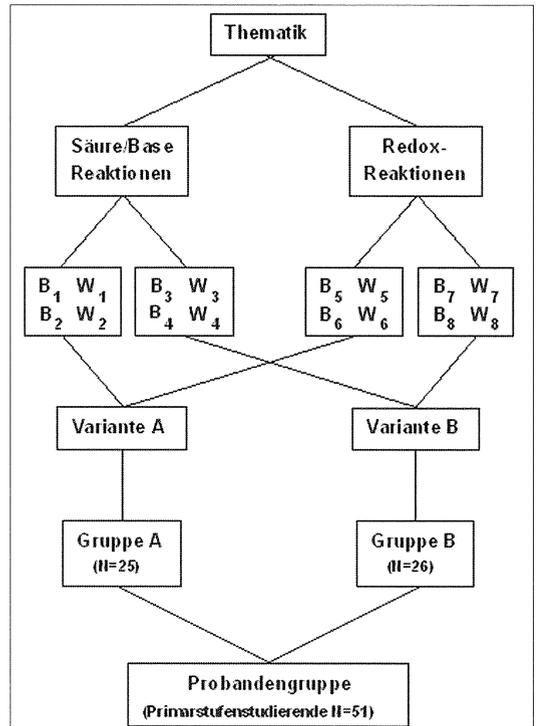


Abb. 2: Untersuchungsdesign

Um die Testzeit nicht zu lang werden zu lassen und dadurch aufkommendes Desinteresse zu vermeiden, werden zwei Varianten A und B des Assoziationstests mit jeweils der Hälfte der Stimuli konstruiert. Dabei werden die einander vermeintlich entsprechenden Bild-

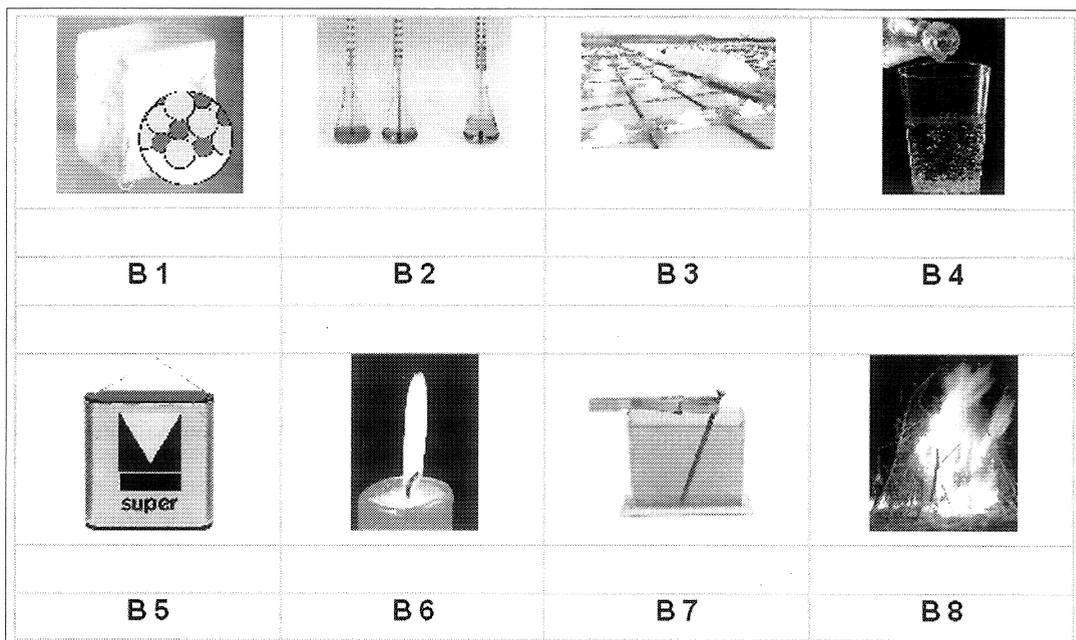


Abb. 3: Im Assoziationstest verwendete Bilder und Begriffe zur Säure/Base-Thematik und zur Redox-Thematik

Wort-Paare jeweils zusammen präsentiert, damit die jeweiligen Assoziationen intraindividuell ausgewertet werden können. Die Teilnehmenden, Studierende des Lehramts für die Primarstufe, die ca. 3 Monate zuvor das Chemiepraktikum I absolviert hatten, werden zufällig in zwei nahezu gleich umfangreiche Gruppen eingeteilt. Die beiden Themengebiete sind in dieser Veranstaltung theoretisch und in praktischen Übungen behandelt worden, so dass zumindest von einem begrenzten Vorwissen in diesen Bereichen ausgegangen werden kann.

3.2 Beschreibung der Bilder und Begriffe

Die in der Untersuchung verwendeten Bilder (Abb. 5) sind einem Chemieschulbuch (Eisner u.a. 1988) für die Sekundarstufe I entnommen. Sie illustrieren für die Chemie charakteristische Begriffe:

Säure-Base	Redox
Ionengitter (W1)	Batterie (W5)
Neutralisation (W2)	Kerze (W6)
Salz (W3)	Redox-Reaktion (W7)
Säure (W4)	Verbrennung (W8)

3.3 Assoziationstests

In beiden Varianten des Assoziationstests befinden sich die Stimuli jeweils einzeln oben auf einem Testbogen, darunter einzelne Linien für die Nennungen. White und Gunstone (1992) weisen in diesem Zusammenhang auf den Einfluss der Linienzahl auf die Anzahl an Assoziationen. Sie schlagen eine Begrenzung auf maximal zehn Linien vor. Für die Bearbeitung steht aus demselben Grund jeweils eine Minute zur Verfügung. Beim Ertönen eines Signals (Triangel) sollen die Teilnehmenden sofort umblättern und das nächste Testitem bearbeiten. Sie werden instruiert, dass sie mit einzelnen Bildern und Wörtern konfrontiert werden und sie alle ihnen dazu spontan auftretenden Gedanken als Ein-Wort-Antworten untereinander auf die dafür vorgesehenen Linien notieren sollen (freier Assoziationstest). Der erste Stimulus wird durch ein neutrales Blatt verdeckt. Die Testbögen werden zusammengeheftet, um die Ergebnisse der Wort- und Bildassoziationen individuell zuordnen zu können. Zunächst werden die Bilder und dann die Begriffe präsentiert, um zu vermeiden, dass das Reizwort bei dem dazugehö-

gen Reizbild nur deswegen als Assoziation auftritt, weil es kurz zuvor gelesen wurde. Die Bilder und die ihnen vermeintlich entsprechenden Wörter werden in einem möglichst großen Zeitabstand vorgelegt.

4. Ergebnisse

Insgesamt werden die Erhebungsbögen von 51 Untersuchungsteilnehmenden ausgewertet, 25 der Variante A (Items Salz, Neutralisation, Verbrennung und Redox-Reaktion) und 26 von Variante B (Items Säure, Ionengitter, Kerze und Batterie). Jeweils vier Bögen sind nicht auswertbar, weil die Studierenden entweder einige ihrer Assoziationen in einem oder mehreren ganzen Sätzen formuliert haben, so dass die Reihenfolge der Assoziationen nicht eindeutig ist, oder weil sie die Testbögen nur unvollständig bearbeitet haben.

4.1 Anzahl an Assoziationen

Bei der Bestimmung der durchschnittlichen Anzahl an Assoziationen, die von einem Stimulus generiert werden, werden neben sprachlichen Äußerungen auch Zeichnungen erfaßt. Z.B. werden beim Wort Ionengitter eine alternierende, eindimensionale Folge von Kreisen mit Plus- und Minuszeichen gezeichnet, beim Wort Batterie der Umriß einer Leclanché-Batterie oder beim Wort Redox-Reaktion ein Gleichgewichtsreaktionspfeil. Acht Probanden verweisen auf ein zuvor gesehenes Bild. Auch Verweise von zwei Probanden auf das ein halbes Jahr zuvor absolvierte Praktikum werden als eine Assoziation mitgezählt.

Insgesamt sind 1117 Assoziationen genannt worden. Die Bilder führen im Mittel zu mehr Assoziationen als die jeweiligen Begriffe (Tab. 1). Offenbar regen die Formen und Farben zu vielfältigeren Assoziationen an. Eine Ausnahme bildet das Item Salz. Hier ruft der Begriff mehr Assoziationen als das Bild hervor. Die Differenz in der mittleren Anzahl von Assoziationen reicht von gar keinem Unterschied bei dem Item Redox-Reaktion bis zu einem Unterschied von 2 Assoziationen bei dem Item Verbrennung.

	Anzahl an Assoziationen			
	Wort		Bild	
	m	s	m	s
Redox-Reaktion	4,0	1,7	4,0	2,8
Batterie	5,8	2,3	6,0	2,1
Kerze	6,2	2,1	7,1	2,4
Verbrennung	4,9	2,7	6,9	2,5
Säure	5,9	2,1	6,6	2,3
Neutralisation	3,4	1,6	4,2	2,4
Salz	5,5	2,1	4,8	2,6
Ionengitter	3,6	1,6	5,2	1,7

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Anzahl an Assoziationen für die jeweiligen Stimuli

Tendenziell beobachtet man für Stimuli mit fachwissenschaftlichem Bezug niedrigere Mittelwerte als für solche mit Alltagsbezug. Auffällig ist, dass der Begriff Säure ähnlich viele Assoziationen auslöst wie die Begriffe Batterie, Kerze oder Salz und damit offenkundig zu den alltagsbezogenen Begriffen zählt. Die Visualisierung durch ein mit Mineralwasser gefülltes Glas sorgt für deutlichen Alltagsbezug. Dies zeigt sich auch an der mittleren Anzahl an Assoziationen. Dagegen ist der Mittelwert für das Bild Salz auffällig gering. Hier ist ein Salzgarten dargestellt, in dem durch Verdunsten von Meerwasser Salz gewonnen wird. Viele Teilnehmende erkennen dies jedoch nicht, da das Bild inhaltlich weit von ihrem Alltag entfernt ist und ihnen entsprechende Bilder nicht bekannt sind. Deshalb löst in diesem Fall der Begriff Salz auch mehr Assoziationen aus als das Bild. Bei den Begriffen Redox-Reaktion, Neutralisation und Ionengitter ist das Antwortverhalten auffallend homogen, während bei den Begriffen batterie, Kerze, Verbrennung, Säure und Salz deutlich größere Standardabweichungen beobachtet werden (Tab. 1). Bei den Bildern ist das Antwortverhalten insgesamt ähnlicher. Nur für das Bild Ionengitter findet man einen deutlich niedrigeren und bei dem Bild Redox-Reaktion einen etwas höheren Wert für die Standardabweichung als bei den übrigen. Bei der Interpretation der Anzahl an Assoziationen müssen jedoch sowohl die individuelle Redegewandtheit als auch das unter-

Item	Korrelationskoeffizient	Item	Korrelationskoeffizient
Salz	0,49	Säure	0,24
Neutralisation	0,60	Ionengitter	0,16
Verbrennung	0,29	Kerze	0,66
Redox-Reaktion	0,34	Batterie	0,40

Tab. 2: Korrelation der Anzahl an Assoziationen für Begriffs- und Bilditems

schiedliche Antwortverhalten (bedacht vs. spontan) berücksichtigt werden (White und Gunstone 1992). Diese Einwände spielen hier eine untergeordnete Rolle, weil die niedrigen Standardabweichungen auf ein relativ homogenes Antwortverhalten hindeuten.

Im Mittel korreliert die Anzahl an Assoziationen für die Begriff- und Bilditems mit 0.40. Die deutlichsten Übereinstimmungen finden sich bei den Items Neutralisation (0.60) und Kerze (0.66). Ionengitter (0.16), Säure (0.24) und Verbrennung (0.29) zeigen die geringsten Übereinstimmungen (Tab. 2).

Einen Eindruck von der Qualität der Assoziationen geben die für die einzelnen Stimuli jeweils am häufigsten genannten vier Assoziationen (Tab. 3). Es ist zu beachten, dass bei den zuletzt aufgeführten Assoziationen noch weitere genauso häufig genannt worden sein können.

Außerdem wird deutlich (Tab. 3), in wieweit Begriffe und Bilder identische Assoziationen auslösen und wie groß dieser Anteil an der Gesamtzahl der Assoziationen ist. Als Ergebnis erhält man gleichsam die „Themenbreite“ der Assoziationen (Abb. 7).

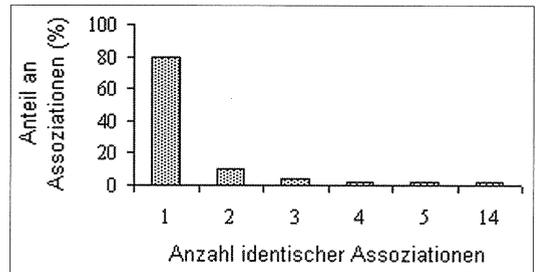


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Gruppen identischer Assoziationen bei dem Begriff Batterie

Der überwiegende Anteil an Assoziationen ((80%) zum Begriff Batterie (Abb. 7) wird nur einmal genannt. Dieser Begriff löst also

Stimulus	Assoziation
Batterie (B)	Batterie (16), Pluspol (13), Minuspol (13), Strom (9)
Batterie (W)	Pluspol (14), Minuspol (14), Strom (5), galvanische Zelle (5)
Kerze (B)	Kerze (16), Flamme (13), Wachs (12), Docht (11)
Kerze (W)	Docht (15), Wachs (15), Flamme (13), Licht (9)
Säure (B)	Wasser (15), Kohlensäure (14), Durst (11); Sprudel (9)
Säure (W)	ätzend (13), pH-Wert (8), Base (8), Salzsäure (8)
Ionengitter (B)	Metall (5), Kristall (4), Ionengitter (4), Atome (4)
Ionengitter (W)	Gitterenergie (7), Salz (3), NaCl (3), Metall-Nichtmetallverbindung (3)
Verbrennung (B)	Feuer (18), Hitze (8), Wärme (7), heiß (7)
Verbrennung (W)	Feuer (13), Wärme (6), Hitze (6), Sauerstoff (5)
Redox-Reaktion (B)	Rost (9), Korrosion (5), Nagel (4), Redox-Reaktion (3)
Redox-Reaktion (W)	Oxidation (10), Reduktion (10), Elektronenübertragung (5), Sauerstoff (4)
Neutralisation (B)	Reaktion (9), Temperaturänderung (5), Chemie (4), Neutralisation (4)
Neutralisation (W)	Säure (5), Säure + Base (Salz + Wasser (5), pH-Wert (4), pH-Wert 7 (4)
Salz (B)	Salz (11), Salzgewinnung (9), Salzgärten (5), Weiß (3)
Salz (W)	NaCl (7), Kochen (6), Kochsalz (6), Meer (5)

Tab. 3: Häufigste Assoziationen (Häufigkeit ihrer Nennung)

individuell sehr unterschiedliche Assoziationen aus, ist jedoch für viele Probanden durch einen geringen Anteil identischer Merkmale in typischer Weise charakterisiert. Zwei Assoziationen (Pluspol, Minuspol) wurden 14-mal, je zwei weitere vier- bzw. fünfmal (Strom, galvanische Zelle) genannt. Insgesamt findet man bei allen Stimuli eine starke Streuung der Antworten. Ca. 75% der genannten Assoziationen kommen nur einmal vor. Bei den Bildern mit deutlicherem Bezug zum Alltag findet man die größten und meisten Gruppen mit identischen Assoziationen. Ein Beispiel hierfür ist der Bildstimulus Säure (Abb. 8). Einzelne Assoziationen werden bis zu fünfzehn mal genannt. Auch Häufigkeiten von vierzehn, elf oder neun identischen Nennungen sind zu beobachten. Deutlich anders ist die Verteilung beim Bild Ionengitter (Abb. 6). Dieses Bild ist wesentlich wissenschaftlicher orientiert. Es generiert nur kleine Gruppen an identischen Assoziationen, die maximal einen Umfang von fünf identischen Nennungen aufweisen. Bei den alltagsbezogenen Items treten typischere Assoziationen häufiger auf als bei solchen mit chemisch-physikalischem Bezug, die aus wissenschaftlicher Sicht aber viel exakter definiert sind.

4.2 Verwandtschaftsgrad der Assoziationslisten

Um über die Anzahl an Assoziationen hinaus Aussagen über die Ähnlichkeit der Antwortlisten zu erhalten, vergleichen Garskoff und Houston (1963) zwei Antwortlisten über die Gesamtanzahl an Assoziationen, die Anzahl

der in beiden Listen übereinstimmend vorkommenden Assoziationen und den Rangplatz dieser identischen Assoziationen innerhalb der jeweiligen Assoziationslisten. Hierbei wird also zwischen identischen und nicht-identischen Assoziationen unterschieden. Darüber hinaus wird berücksichtigt, ob zwei verschiedene Stimuli gleich zu Beginn die gleichen Assoziationen hervorrufen, oder ob die Assoziationen, die der eine Stimulus hervorruft, von dem anderen erst nach geraumer Zeit generiert wird. Dieser „Relatedness Coefficient“ ($RC = (\text{Produkte der Rangplätze der übereinstimmenden Assoziationen}) / (n^2 - 1)$, wobei $n = \text{Anzahl an Assoziationen in der längeren Liste}$) bestimmt also gleichsam den „Verwandtschaftsgrad“ zweier Assoziationslisten.

Dieser Koeffizient kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Dabei sagt der erreichte Wert nichts über die Länge der Listen aus. Zwei längere übereinstimmende Listen gleichen einander bei gleichem RC-Wert aber in mehr Assoziationen als zwei kürzere. White und Gunstone (1992) weisen darauf hin, dass man den Verwandtschaftsgrad bei den längeren Listen aber als höher empfindet. Bei dem Vergleich zweier RC-Werte sind somit nur relative Aussagen sinnvoll. Des Weiteren ist zu beachten, dass dieses Verfahren nicht die Qualität der inhaltlichen Aussage der Assoziationen in Bezug auf den generierenden Stimulus berücksichtigt, denn der Sinn einer Assoziation ist bedeutungslos. Bei diesem Verfahren wird der Stimulus bei der Bestimmung der Länge der Liste mitgezählt. Findet sich dann der Stimulus der einen Liste als

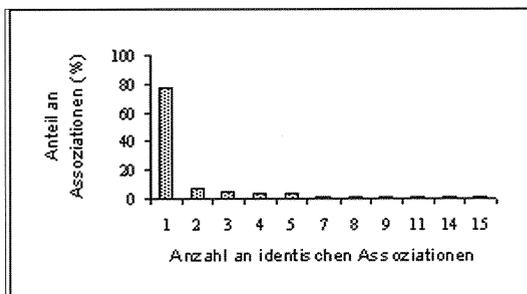


Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Gruppen identischer Assoziationen bei dem Bild „Säure“

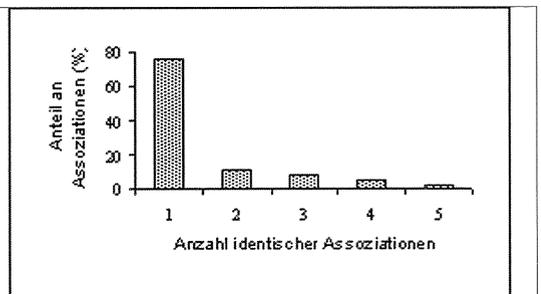


Abb. 10: Prozentuale Verteilung der Gruppen identischer Assoziationen bei dem Bild „Ionengitter“

Assoziation in der anderen Liste, so wird dies als Übereinstimmung gewertet. Dies ist für die ursprüngliche Konzeption des RC zum Vergleich von Assoziationslisten in Wortassoziationstests unproblematisch. Bei dem in diesem Teil der Untersuchung durchgeführten Vergleich von Wort- und Bildassoziationstests ist damit eine Übereinstimmung des Bildstimuli mit einer Assoziation in der anderen Liste auch dann gegeben, wenn in dieser auf das zuvor gesehene Bild verwiesen wird. Auch ist es wenig sinnvoll, lediglich wortwörtliche Übereinstimmungen zuzulassen.

In einer ersten Auswertung wird der RC allein auf der Basis solcher wortwörtlichen Übereinstimmungen ermittelt. In einer zweiten Auswertung werden jedoch zusätzlich Substantiv-Adjektiv Paare oder inhaltliche Ähnlichkeiten (z.B. Osterfeuer-Feuer) mit einbezogen. Die nach diesen beiden Auswertungsverfahren ermittelten RC-Werte korrelieren mit 0,998. Eine Unterscheidung zwischen wortwörtlichen Übereinstimmungen und Übereinstimmungen aufgrund von inhaltlichen Ähnlichkeiten oder Substantiv-Adjektiv Paaren ist somit nicht notwendig (Tab. 4).

Bei den Items Kerze und Batterie findet man die höchsten Übereinstimmungen in den Assoziationslisten zum Wort-Bild-Paar. Die Begriffe entsprechen weitgehend den in den Bildern dargestellten Inhalten. Tendenziell lassen sich auch bei den beiden anderen mehr am alltäglichen Erfahrungsraum orientierten Items Verbrennung und Salz höhere Übereinstimmungen feststellen als bei den eher chemisch-physikalisch ausgerichteten Items (Neutralisation, Redox-Reaktion, Ionengitter). Das Item Säure generiert kaum identische Assoziationen. Lediglich bei einem Teil-

nehmenden ist eine Übereinstimmung zu beobachten. Im Zusammenhang mit der zuvor betrachteten relativ hohen Anzahl an Assoziationen sowohl bei dem Bild als auch bei dem Begriff Säure läßt sich festhalten, dass die Stimuli zum Thema Säure zwar sehr viele, aber kaum identische Assoziationen auslösen. Bild und Begriff repräsentieren offenbar deutlich verschiedene Inhalte. Die im Vergleich zu den Mittelwerten großen Standardabweichungen deuten auf sehr inhomogene Antworten der Teilnehmenden hin. Lediglich beim Item Säure haben diese einheitlich keine Übereinstimmung gesehen.

4.3 Kategorisierung der Itemantworten

Um zu einer intensionalen Beschreibung der Bedeutung der Begriffe und Bilder zu gelangen, werden die Assoziationen nach unterschiedlichen situativen Kontexten (Abb. 11) kategorisiert (z.B. Glynn und Duit 1995).

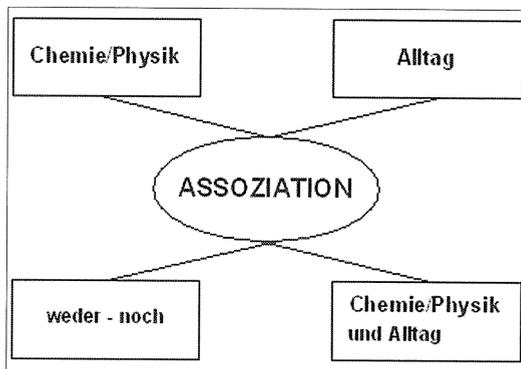


Abb. 7: Kategorisierung der Assoziationen

Eine Differenzierung des Wissens nach seiner Herkunft ist nicht so eindeutig möglich, wie es dies Kategorisierungsraster (Abb. 11) suggeriert. Im Chemieunterricht wird ebenso

Item	RC		Item	RC	
	m	s		m	s
Salz	0,13	0,17	Säure	0,01	0,03
Neutralisation	0,09	0,19	Ionengitter	0,07	0,13
Verbrennung	0,16	0,18	Kerze	0,41	0,24
Redoxreaktion	0,05	0,13	Batterie	0,37	0,23

Tab. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen des „Relatedness Coefficient“ von einander zugeordneten Wort- und Bildassoziationslisten

Alltagswissen vermittelt, wie ein Lernender im Alltag Wissen über chemische Sachverhalte erwerben kann. Die Assoziationen werden von zwei Signierern danach beurteilt, in wiefern sie typisch für eine Kategorie sind. Die Signierungsobjektivität wird mittels eines Übereinstimmungskoeffizienten bestimmt (Cohen 1960, Cohen 1968, Waern 1972, Rost 1996). Es ergibt sich eine Übereinstimmung von 67,7%. Dieser Wert liegt deutlich über 34,7%, der sich aus einer zufälligen Verteilung der Antworten auf die Kategorien ergeben würde. Für das „Cohens-Kappa“ erhält man letztlich einen Wert von 0,50.

Bei den Items Batterie, Ionengitter und Neutralisation werden sowohl bei den Bildern als auch bei den Begriffen in der Mehrzahl Assoziationen generiert, die der Kategorie Chemie/Physik zuzuordnen sind (Tab. 5). Die Assoziationen des Items Verbrennung hingegen entsprechen sowohl bei dem Bild als auch bei dem Begriff überwiegend der Kategorie Alltag. Für die übrigen Items ist die kategoriale Zuordnung nicht so eindeutig. Der Begriff Kerze und das Bild lösen in gleichen Anteilen Assoziationen der Kategorie Chemie/Physik und Alltag aus. Bei dem Item

Säure lassen sich die Assoziationen zum Begriff deutlich der Kategorie Chemie/Physik zuordnen, während die zum Bild eher der Kategorie Alltag zugerechnet werden müssen. Auch bei dem Item Redox-Reaktion werden Begriff und Bild unterschiedlich interpretiert. Der Begriff löst vorwiegend Assoziationen der Kategorie Chemie/Physik aus, während die Assoziationen zum Bild sowohl den Kategorien Chemie/Physik als auch Alltag zuzuordnen sind. Ähnliches beobachtet man auch bei dem Item Salz. Hier sind jedoch die Assoziationen zum Begriff diesen beiden Kategorien zuzuordnen, während das Bild überwiegend Assoziationen der Kategorie Alltag generiert. Der Anteil an Assoziationen, der sowohl der Kategorie Chemie/Physik als auch der Kategorie Alltag in typischer Weise entspricht, ist bei allen Items relativ gering. Dies deutet zum einen auf eine ausreichende Polarisierung des Kategorisierungsschemas hin. Zum anderen läßt sich der Anteil an Assoziationen in dieser Kategorie als „semantische Schnittmenge“ der Kategorien interpretieren. Einzelne Items lassen sich weniger eindeutig einer Kategorie zuordnen als andere. Für die einzelnen Items ist dies somit eine semantische „Unschärfe“ in

		Chemie/ Physik (%)	Alltag (%)	Chemie/ Physik und Alltag (%)	weder - noch (%)
Salz	Bild	5,2	61,0	14,3	19,5
	Begriff	40,2	43,9	9,8	6,1
Neutralisation	Bild	66,7	1,6	15,9	15,9
	Begriff	78,0	6,8	6,8	8,5
Verbrennung	Bild	13,9	47,2	19,4	19,4
	Begriff	19,7	36,6	19,4	23,9
Redox-Reaktion	Bild	35,9	29,7	15,6	18,8
	Begriff	83,6	1,8	7,3	7,3
Säure	Bild	22,1	44,2	15,6	18,2
	Begriff	69,9	13,7	6,8	9,6
Ionengitter	Bild	58,1	8,1	7,0	26,7
	Begriff	92,8	0	3,7	3,7
Kerze	Bild	32,4	32,4	14,7	20,6
	Begriff	29,3	29,3	19,0	22,4
Batterie	Bild	73,7	15,8	6,6	3,9
	Begriff	58,2	25,3	8,9	7,6

Tab. 5: Prozentualer Anteil der Assoziationen in den jeweiligen Kategorien

der kategorialen Zugehörigkeit. Hinweise auf „fuzzy sets“ sind somit auch bei den in dieser Untersuchung vorliegenden Konzepten zu beobachten.

Zur Verdeutlichung der Ergebnisse werden die prozentualen Anteile an Assoziationen in der Kategorie Alltag gegen die in der Kategorie Chemie/Physik aufgetragen (Abb. 13). Besonders hervorzuheben ist, dass sowohl das Bild Batterie als auch der Begriff Batterie ziemlich unerwartet deutlich fachwissenschaftlicher gesehen werden als das Bild Redox-Reaktion. Diese Bilder drücken den vermeintlichen Inhalt der entsprechenden Begriffe bei weitem nicht so eindeutig aus, wie es den Anschein hat. Hierin ist auch eine mögliche Ursache dafür zu sehen, dass Bilder nicht unbedingt die mit ihrer Verwendung intendierten Funktionen erfüllen (Sumfleth und Telgenbüscher 2000).

Doch das in dieser Untersuchung zu beobachtende „Bedeutungsspektrum“ der Begriffe und Bilder ermöglicht auch einen Perspektivenwechsel bei der Betrachtung von Lehr- und Lernprozessen im Chemieunterricht. Anstatt die Lehrmethode zu variieren und die Auswirkungen auf die Lernprozesse zu evaluieren, ergibt sich hier die Möglichkeit, in umgekehrter Argumentationsfolge Rückschlüsse von dem Lern- auf den Lehrprozess zu ziehen. Da die zu beobachtenden Bedeutungsvariationen das Ergebnis von Interpretationen vor dem Hintergrund jeweils individueller

Wissensstrukturen von Lernenden sind, stellt sich die Frage, wie „genau“ ein begrifflich oder bildlich repräsentierter Sachverhalt von Lehrenden verwendet werden darf, damit der Lernende ihn noch „versteht“. Ist die neue Information so präzise, dass sie dem Lernenden keine Möglichkeit bietet, mit seiner Wissensstruktur in Wechselwirkung zu treten, so findet kein Lernprozess im konstruktivistischen Sinne statt. Insbesondere in den Naturwissenschaften mit ihrem oftmals definitivem Begriffsverständnis ist hier möglicherweise ein Hindernis auf dem Weg zum „Verstehen“ zu sehen. Muckenfuß (1988, S. 399) konstatiert: „Das didaktische Problem steckt in der Frage nach dem richtigen Maß an Präzision der Begrifflichkeit oder nach dem für den Lernenden optimalen Gehalt an Bedeutungsvarianz der Begriffe und Sätze. Kriterium für eine Optimierung ist der assoziative Kontext, der im Denken des Lernenden durch einen Begriff oder Satz oder anderer Präsentationen aktualisiert wird. Ohne diesen Kontext gibt es kein Verstehen.“

5. Zusammenfassende Diskussion der Hypothesen

Bilder führen entsprechend Hypothese 1.3 im Mittel zu mehr Assoziationen als die jeweiligen Begriffe, und gemäß den Hypothesen 1.1 und 1.2 führen Stimuli mit alltagsweltlichem Bezug zu mehr Assoziationen als solche mit fachwissenschaftlichem Bezug. Die zur Illus-

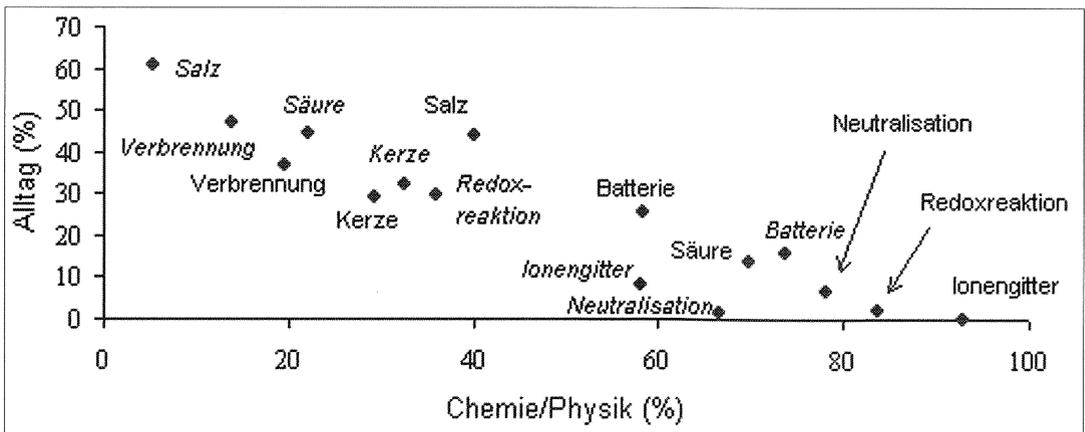


Abb. 8: Einordnung der Items (Bild - kursiv; Begriff - gerade) nach ihrem prozentualen Anteil an Assoziationen in den Kategorien Chemie/Physik und Alltag

tration von Begriffen z.B. in Schulbüchern verwendeten Bilder werden von den Lernenden mit deutlich anderen Inhalten belegt als die Begriffe selbst. So wird z.B. ein mit Mineralwasser gefülltes Glas verwendet, um den Begriff Säure abzubilden. Die Lernenden assoziieren zu diesem Bild häufig Wasser, Kohlensäure, Durst oder Sprudel, zum Begriff Säure aber ätzend, pH-Wert, Base oder Salzsäure. Auch generieren Bilder und Begriffe mit Bezug zum alltäglichen Erfahrungsraum der Lernenden einheitlichere Vorstellungen als solche, die auf naturwissenschaftliche Inhalte orientiert sind. Damit sind die Hypothesen 2.1 und 2.2 widerlegt. Außerdem sind die Assoziationen bei den Bildern im Gegensatz zur Hypothese 2.3 tendenziell einheitlicher als bei den Begriffen. Dabei stimmt die intendierte intensionale Ausrichtung der Bilder nicht unbedingt mit der wahrgenommenen Intension überein. So wird z.B. das Bild einer Batterie, das lebensweltliche Zusammenhänge andeuten soll, in einem stärker fachwissenschaftlichen Kontext gesehen als das Bild eines in eine wässrige Kupfer(II)sulfatlösung getauchten Eisennagels. Auch nach Erarbeitung der Inhalte im Unterricht werden zahlreiche Konzepte nicht mit einer fachwissenschaftlich intendierten Bedeutung belegt, sondern vielmehr mit einem ganzen Bedeutungsspektrum, das durch individuelle Einflüsse, durch nur zum Teil Verstandenes oder durch Mißverstandenes geprägt ist.

Danksagung

Unser Dank gilt den an der Untersuchung beteiligten Studierenden.

Literatur

- Baschek, I.-L., Bredenkamp, J., Oehle, B., Wiplich, W. (1977): Bestimmung der Bildhaftigkeit (I), Konkretetheit (C) und Bedeutungshaltigkeit (m°) von 800 Substantiven. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 24, 353-396.
- Bouma, H., Brandt, L., de Bueger, C., Sumfleth, E., Sutton, C. (1986): Wörter als Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht - Studieneinheit für Lehrerbildungskurse. Leicester, Leuven, Amsterdam, Essen.
- Bromme, R., Bündler, W. (1994): Fachbegriffe und Arbeitskontext. Unterschiede in der Struktur chemischer Fachbegriffe bei verschiedenen Nutzergruppen. Sprache und Kognition 13, 4, 178-190.
- Bromme, R., Rambow, R., Wiedmann, J. (1998): Typizitätsvariationen bei abstrakten Begriffen. Das Beispiel chemischer Fachbegriffe. Sprache und Kognition 17, 2, 317-393.
- Cachapuz, A.F.C., Maskill, R. (1989): Using word association in formative classroom tests. Following the learning of Le Chatelier's principle. International Journal of Science Education 11, 2, 235-246.
- Cohen, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 20, 37-46.
- Cohen, J. (1968): Weighted kappa. Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement of partial credit. Psychological Bulletin 70, 213-220.
- Eckes, T. (1985): Zur internen Struktur semantischer Kategorien. Typikalitätsnormen auf der Basis von Ratings. Sprache und Kognition 4, 192-202.
- Eckes, T., Six, B. (1984): Prototypenforschung. Ein integrativer Ansatz zur Analyse der alltagssprachlichen Kategorisierung von Objekten, Personen und Situationen. Zeitschrift für Sozialpsychologie 15, 2-17.
- Eisner, W., Fladt, R., Gietz, P., Justus, A., Laitenberger, K., Schierle (1988): Elemente Chemie. Unterrichtswerk für Gymnasien, Ausgabe Nordrhein-Westfalen 9./10. Schuljahr. Klett, Stuttgart.
- Flammer, A., Reisbeck, C., Stadler, S. (1985): Typikalitätsnormen für dreizehn Begriffe in einer deutschschweizerischen Studentenspopulation. Sprache und Kognition 1, 49-63.

- Garskof, B.E., Houston, J.P. (1963): Measurement of verbal relatedness. An idiographic approach. *Psychological Review* 70, 277-288.
- Glynn, S.M., Duit, R. (1995): Learning science meaningfully. Constructing conceptual models. In Glynn, S.M., Duit, R. (Eds.): *Learning Science in the School - Research Reforming Practice*. Erlbaum, Hillsdale NJ, 3-33.
- Grzesik, J. (1988): *Begriffe lernen und lehren*. Klett, Stuttgart.
- Herkner, W. (1986): *Psychologie*. Springer, Wien, New York.
- Jahr, S. (1993): *Das Fachwort in der kognitiven und sprachlichen Repräsentation*. Blaue Eule, Essen.
- Muckenfuß, H. (1988): Wie präzise dürfen physikalische Begriffe sein, damit Schüler sie noch verstehen? Erläutert an der Begrifflichkeit der Elektrizität. *MNU* 41(7), 397-406.
- Noble, C.E. (1952): An analysis of meaning. *Psychological Review* 59, 421-430.
- Ratcliffe, M. (1995): Redox mapped out. *Education in Chemistry* 1, 14-16.
- Rost, J. (1996): *Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion*. Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle.
- Schäfer, G. (1984): Information und Ordnung – zwei mächtige Begriffe unserer Zeit. In Schäfer, G. (Hrsg.): *Information und Ordnung*. Aulis, Köln.
- Sumfleth, E. (1988): *Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht*. Lang, Frankfurt/M., Bern, New York, Paris.
- Sumfleth, E. & Telgenbüscher, L. (2000): Zum Einfluss von Bildmerkmalen und zusätzlichen Fragen beim Chemielernen mit Hilfe von Bildern. Beispiel Massenspektrometrie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (zur Veröffentlichung eingereicht).
- Sumfleth, E. & Tiemann, R. (2000): Own Word Mapping - ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Logos-Verlag, Berlin, 179-203.
- Sutton, C. (1980): The learner's prior knowledge. A critical review of techniques for probing its organization. *European Journal of Science Education* 2, 107-120.
- Sutton, C. (1992): Words, science and learning. In Woolnough, B. (Series Ed.): *Developing science and technology education*. Open University, Buckingham Philadelphia.
- Tiemann, R. (1999): Analyse individueller Wissensstrukturen im Kontext Chemie mit Hilfe eines neuen Mapping-Verfahrens. *Lit., Münster*.

Dr. Elke Sumfleth ist Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität-GH Essen.
Dr. Rüdiger Tiemann war dort wissenschaftlicher Mitarbeiter und ist jetzt Studienreferendar am Studienseminar Arnsberg.

Prof. Dr. Elke Sumfleth
Institut für Didaktik der Chemie
Fachbereich Chemie
Universität-GH Essen
Schützenbahn 70, 45127 Essen
E-mail: elke.sumfleth@uni-essen.de