

Lernervorstellungen von Zellen

Eine Re-Analyse der Befunde empirischer Erhebungen

Tanja Brinschwitz

Brinschwitz@erz.uni-hannover.de

Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften, Universität Hannover
Bismarkstr. 2, 30173 Hannover

1 Einleitung

Unter den bedeutenden Theorien der Biologie wird man neben der Evolutionstheorie sicher die Zelltheorie aufführen müssen, denn ihre Aussagen stellen die Basis für ein Verständnis jeder Art der Fortpflanzung sowie für das Wachstum und die Regeneration vielzelliger Organismen dar. Empirische Untersuchungen zu den Lernervorstellungen zur Zelltheorie zeigen jedoch, dass sich diese auch nach einer unterrichtlichen Vermittlung häufig nicht mit den wissenschaftlichen Konzepten decken (z.B. ZAMORA & GUERRA, 1993; LEWIS, LEACH & WOOD-ROBINSON, 2000). Offenbar gelingt es im Biologieunterricht nicht, die wissenschaftlichen Vorstellungen von mikroskopisch kleinen Strukturen und Prozessen dieser Organisationsebene nachhaltig in den Köpfen der Schüler zu etablieren.

Auf der Suche nach effektiven Unterrichtsansätzen für das Lehren und Lernen der Zelltheorie bietet das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al., 1997) einen Rahmen für fachdidaktische Forschung. Mit der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens liegt des Weiteren (LAKOFF & JOHNSON, 1980; LAKOFF, 1987; GROPPENGIEBER, 2002) eine Theorie für ein tiefer gehendes Verständnis von Vorstellungen vor.

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung zu den Möglichkeiten und Schwierigkeiten, die Schüler mit didaktisch rekonstruierten Lernangeboten zur Zelltheorie haben, stellt das Erfassen der Lernerperspektive eine von insgesamt fünf Untersuchungsaufgaben dar. Dazu wurde eine Re-Analyse von Lernervorstellungen durchgeführt, deren Ergebnisse vorgestellt und diskutiert werden.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Epistemologisch basiert das Modell der Didaktischen Rekonstruktion auf der konstruktivistischen Lerntheorie. Es wurde als theoretischer und methodischer Rahmen für fachdidaktische Forschungsarbeiten entwickelt und zielt auf eine Optimierung des Lehrens und Lernens bestimmter Inhaltsbereiche ab (KATTMANN & GROPEGIEßER, 1996). Die einzelnen Untersuchungsaufgaben des Modells – *fachliche Klärung*, *Erfassen der Lernerperspektiven*, *didaktische Strukturierung* – bilden ein fachdidaktisches Triplet, wobei aufgrund einer wechselseitigen Beeinflussung der Module eine rekursive Vorgehensweise notwendig ist. Dies setzt eine gemeinsame Ebene voraus, auf der die Ergebnisse zusammengeführt werden. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion liegt diese Ebene in den Vorstellungen, die innerhalb der Module *Fachliche Klärung* und *Erfassen der Lernerperspektiven* untersucht werden. Auf dieser Grundlage werden in der Auswertung Konzepte und Denkfiguren formuliert (GROPEGIEßER, 1997). Der wechselseitige Bezug von fachlichem Wissen und Schülervorstellungen auf diesen vergleichbaren Komplexitätsebenen ermöglicht innerhalb der didaktischen Strukturierung die Rekonstruktion von Unterrichtsgegenständen, die effektiver gestaltet sein sollen als dies durch eine Sachanalyse oder rein lernpsychologische Betrachtung möglich wäre.

2.2 Die erfahrungsbasierte Theorie des Verstehens

Die erfahrungsbasierte Theorie des Verstehens wurde von dem Linguisten GEORGE LAKOFF und dem Philosophen MARK JOHNSON (1980) begründet und von GROPEGIEßER (2002) für die Biologiedidaktik modifiziert. Es ist eine Theorie zum Verhältnis von Erfahrung, Sprache und Denken, in der Metaphern eine zentrale Rolle spielen. Dabei werden Metaphern nicht nur als ein Aspekt der Sprache aufgefasst. Vielmehr ist nach LAKOFF & JOHNSON (1980) auch unser Denken metaphorisch strukturiert. Die Metaphern treten dabei nicht einzeln auf, sondern bilden rekonstruierbare metaphorische Konstrukte. Bei einer Grippe sprechen wir beispielsweise von einem „Angriff“ der Viren auf

unseren Körper. Kommt es zu einem Ausbruch der Krankheit, ist das „Immunsystem zu schwach“. Im Falle von Fieber „kämpft der Körper gegen die Krankheit“ und im Falle eines Todes hat der Patient „den Kampf gegen die Krankheit verloren“. Die hier verwendeten Metaphern bilden gemeinsam ein metaphorisches Konzept zum Verständnis der Immunabwehr, in dem die physiologischen Prozesse als Kampf verstanden werden. Die Art und Weise, wie wir über die Körperabwehr denken, ist metaphorisch strukturiert. Dabei ist die Verwendung und Verknüpfung der einzelnen Metaphern nicht zufällig, sondern sie verweist auf in sich konsistente Denk-, Wahrnehmungs-, Kommunikations- und Handlungsmuster. Für LAKOFF & JOHNSON sind Denken und Sprache als homolog anzusehen.

Metaphorisch meint in der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens im Wesentlichen die Übertragung von kognitiven Strukturen/Vorstellungen aus einem Bereich in einen anderen. Dabei gibt es nach LAKOFF & JOHNSON (1980, 19) Ursprungsbereiche, in denen wir Erfahrungen machen und dadurch unmittelbares, direktes Verständnis erlangen, und Zielbereiche, in die wir diese Vorstellungen projizieren. Erfahrungen sind demnach die Basis unseres Verständnisses. Grundlegende Erfahrungen, die wir in der physischen und sozialen Umwelt machen, also Erfahrungen mit unserem Körper, mit der Wahrnehmung, in der Gesellschaft, Familie usw., nennt LAKOFF (1987, 206f.) verkörperte Erfahrungen und die daraus erwachsenen kognitiven Strukturen verkörperte Vorstellungen. Verkörperte Vorstellungen werden demnach ohne Verwendung von Metaphern verstanden. Verstehen wir beispielsweise eine Krankheit als Kampf, so übertragen wir grundlegende Erfahrungen eines Kampfes auf den Zielbereich Immunabwehr und versuchen so unsere Körperfunktionen zu erklären (Abb. 1).

2.3 Forschungsfragen

Dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion folgend sollen die Lernervorstellungen von der Zelle und ihren Strukturen bzw. von der Zelle im Organismus erfasst werden. Um ein tiefer gehendes Verständnis der Lernerperspektiven zu erlangen, soll darüber hinaus eine Analyse der Lernervorstellungen auf dem Hintergrund der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens erfolgen. Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- ◆ Welche Vorstellungen, also Begriffe, Konzepte und Denkfiguren, haben Lerner von der Zelle und ihren Strukturen bzw. zur Zelle im Organismus?
- ◆ Ausgehend von welchen verkörperten Vorstellungen wird bei Lernern ein Verständnis der Zelle erreicht?

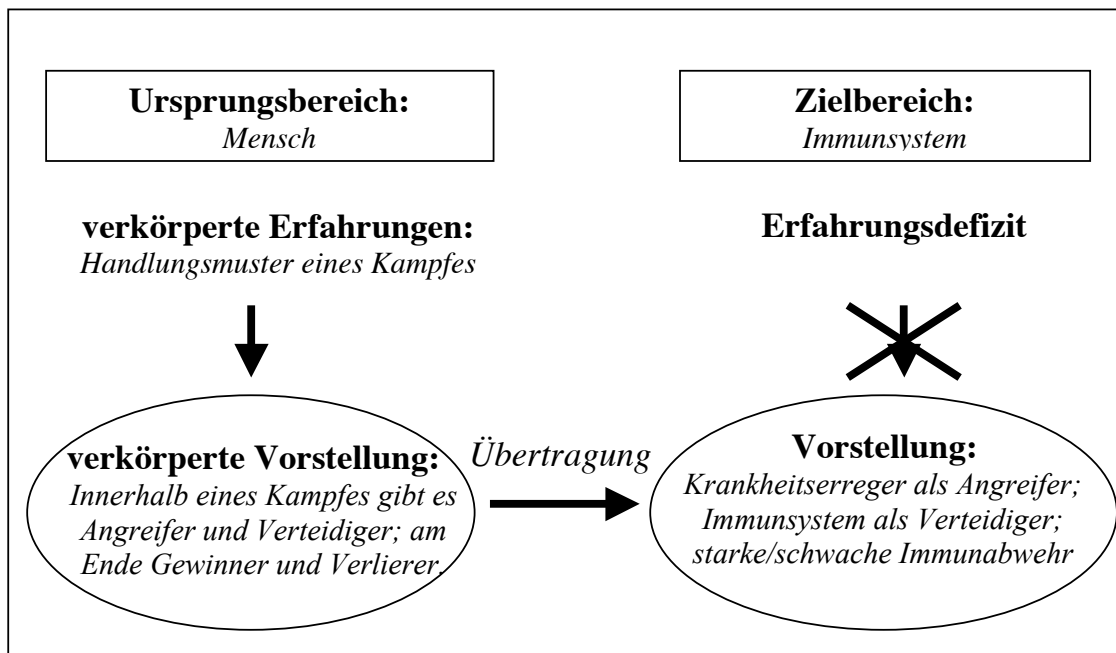


Abb. 1: Entwicklung und Übertragung verkörperter Vorstellungen aus einem Ursprungsbereich in einen Zielbereich am Beispiel der lebensweltlichen Vorstellung zur Immunabwehr (kursiv).

3 Forschungsdesign und Methodik

Zur Erfassung der Lernervorstellungen von Zellen und ihren Strukturen bzw. zur Zelle im Organismus werden empirische Untersuchungen zu dieser Thematik analysiert. Die Auswahl dieser Erhebungen erfolgte mithilfe der Bibliographie von PFUNDT & DUIT (2000). Des Weiteren werden empirische Erhebungen in die Analyse mit einbezogen, deren Fragestellung primär auf die Vorstellungen zu anderen biologischen Inhalten, wie z.B. der Genetik oder Mikrobiologie, abzielt, da in diesen Studien ebenfalls Lernervorstellungen von der Zelle deutlich werden und somit eine größere Breite von Vorstellungen erfasst werden kann.

Insgesamt konnten elf Publikationen identifiziert werden, in denen Lernervorstellungen zur Zelle und ihren Strukturen bzw. zur Zelle im Organismus deutlich werden (Tabelle 1). Diese Studien enthalten Befunde von insgesamt 2055 befragten Schülern und 73 Lehramtsstudenten aus sechs verschiedenen Ländern (Australien, Chile, Deutschland, England, Israel und Mexiko). Alle Untersuchungsgruppen setzen sich sowohl aus weiblichen als auch aus männlichen Probanden zusammen. Die Klassenstufen reichen von der siebten Klasse bis zu Lehramtsstudierenden, dabei haben alle Befragten das Zellkonzept und die überwiegende Mehrzahl die Zellteilung vermittelt bekommen. Das metho-

dische Vorgehen beinhaltet quantitative und qualitative Forschungsmethoden (Tabelle 1).

Im Zuge einer Strukturierung werden die Lernervorstellungen der Primäruntersuchungen kategorisiert und Konzepten zugeordnet. Eine anschließende Re-Analyse und Interpretation der Befunde erfolgt auf dem Hintergrund der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens. Die den einzelnen Konzepten zugrunde liegenden metaphorischen Konstrukte werden als Denkfiguren formuliert. Eine Erörterung der Denkfiguren bezüglich des Nutzens und der Grenzen beim Lernen des fachwissenschaftlichen Verständnisses von der Zelltheorie schließt die Untersuchung ab.

Tab. 1: Stichproben und Erhebungsinstrumente der untersuchten Primärerhebungen.

Autor(en)	Stichprobe	Erhebungsinstrument
DÍAZ DE BUSTAMANTE & JIMÉNEZ ALEIXANDRE (1993; 1998)	14- bis 17-jährige chilenische Schüler (n = 227) und Lehramtsstudenten (n = 47)	Zeichnungen
DREYFUS & JUNGWIRTH (1988; 1989)	15- bis 16-jährige israelische Schüler (n = 219)	offene Fragebögen und Interviews
HACKLING (1982)	15-jährige australische Schüler (n = 132)	Assoziationstest und concept maps
HACKLING & TREAGUST (1982)	15-jährige australische Schüler (n = 48)	Interview
HILGE (1999)	Deutsche Schüler der gymnasialen Oberstufe (n = 10)	Interview
MARBACH-AD & STAVY (2000)	Israelische Schüler des 9. bzw. 12. Jahrgangs (n = 184 bzw. n = 121) und Lehramtsstudenten (n = 26)	geschlossene Fragebögen und Interviews
LEWIS, LEACH & WOOD-ROBINSON (2000a)	14- bis 16-jährige, englische Schüler (n = 482)	offene Fragebögen
LEWIS, LEACH & WOOD-ROBINSON (2000b)	14- bis 16-jährige, englische Schüler (n = 482)	offene Fragebögen und Gruppendiskussionen
ZAMORA, & GUERRA (1993)	Mexikanische Schüler des 7., 8. und 9. Jahrgangs (n = 150)	offene Fragebögen und Zeichnungen

4 Ergebnisse

Zur Beantwortung der Frage, welche Lernervorstellungen von der Zelle und ihren Strukturen bzw. von der Zelle im Organismus existieren, wurde eine Vorgehensweise aus Zusammenfassung und Strukturierung gewählt. Die einzelnen Befunde der Primärerhebungen konnten dadurch kategorisiert und insgesamt zu 11 Konzepten zusammengefasst werden (siehe Kasten I, S. 39), die sich nicht mit den fachwissenschaftlichen Vorstellungen von der Zelle decken.

Des Weiteren zeigte sich, dass in den verschiedenen Stichproben aus unterschiedlichen Ländern ähnliche Vorstellungen ausgedrückt werden (Kasten I, S. 39). Beispielsweise werden Vorstellungen, die dem Konzept *Zellen haben Organe* zugeordnet wurden, in israelischen (DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988; 1989), mexikanischen (ZAMORA & GUERRA, 1993) und deutschen (HILGE, 1999) Lernergruppen deutlich.

Die Re-Analyse der Lernervorstellungen zeigte, dass zu den Strukturen, die Biologen meinen, wenn sie von der „Zelle“ reden, keine verkörperten Vorstellungen existieren. Zwar bestehen unsere Körper aus Zellen – wir leben symbiontisch mit verschiedensten Arten von Zellen und wir kommen täglich mit Bakterienzellen oder den Zellen der Baumwollhaare unserer Kleidung in Berührung – jedoch werden diese nur in ihrer Gesamtheit und eben nicht als einzelne Elementareinheiten wahrgenommen und dementsprechend nicht als „Zelle“ benannt. Die umgangssprachliche Verwendung des Namens¹ „Zelle“ schreibt diesem die Bedeutung eines engen und sehr einfach, nur mit dem Nötigsten, ausgestatteten Raumes zu, der vor allem in Gefängnissen und Klöstern zu finden ist (MÜLLER, 1985). Außer dem räumlichen Charakter hat die lebensweltliche Bedeutung demnach nichts mit dem biologischen Fachbegriff „Zelle“ gemeinsam, mit dem wir auch keinerlei lebensweltliche Erfahrung im Bereich des Mikrokosmos machen.

Das Erfahrungsdefizit im mikrokosmischen Bereich kompensieren Lerner durch ein metaphorisches Verständnis, d.h. es werden Erfahrungen aus dem makroskopischen, lebensweltlichen Bereich in die mikroskopische Ebene übertragen. Dabei konnten insgesamt fünf verschiedene metaphorische Konstrukte, mit denen Lerner ein Verständnis von der Zelle erlangen, identifiziert werden. Eine Zuordnung der Lernerkonzepte zu den Denkfiguren zeigt Tabelle 1.

4.1 Personifizierte Zellen

Auf dem Hintergrund der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens kann das Konzept *Zellen haben Organe* mit einem metaphorischen Verständnis begründet werden: Erfahrungen, die im Zusammenhang mit dem eigenen Körper gewonnen wurden, werden aus dem Ursprungsbereich „Mensch“ in den Zielbereich „Zelle“ übertragen. Mangelnde Erfahrungen im Mikrokosmos führen dazu, dass der Widerspruch Einzeller – mehrzellige Organsysteme nicht als

¹ In dieser Untersuchung wird in Anlehnung an KATTMANN (1993) unter dem „Namen“ das sprachliche Zeichen (Wort) verstanden, das den Begriff bezeichnet; mit „Begriff“ wird der Inhalt und Umfang des so benannten kognitiven Konstrukts verstanden.

solcher entdeckt wird. Gestärkt wird diese Vorstellung durch die fachwissenschaftliche Benennung dieser Strukturen als „Mikroorganismen“, dessen Wortbestandteil „Organismus“ der Bedeutung nach u. a. menschliche, tierische Körper als ein einheitliches System zusammenwirkender Organe meint (MÜLLER, 1985, 477).

Das metaphorische Verständnis einer Zellstruktur, die dem menschlichen Körperaufbau analog ist, kann weiterhin zur Erklärung des Konzepts Struktur folgt Funktion dienen. Dabei werden den Zellen spezialisierte Funktionen und von diesen Funktionen abhängige Zellbestandteile zugeschrieben. So werden „Energie-Produzenten“ und „Energie-Konsumenten“ erwartet, von denen lediglich die Erstgenannten Mitochondrien als Zellbestandteil aufweisen. Es liegt nahe, diesen Struktur- und Funktionskontext ebenfalls auf eine Personifizierung der Zellen zurückzuführen. Auch der menschliche Körper verfügt über makroskopisch unterschiedlich aufgebaute Funktionseinheiten wie den Mund zur Aufnahme von Nahrung oder den Händen zum Greifen und Fassen. Aufgrund dieser Körpererfahrung wird auch dem mikroskopischen Bereich ein unterschiedliches, funktionsabhängiges Erscheinungsbild so zugeordnet, dass z. B. das Vorhandensein von Genen nur bei den Zellen der Reproduktionsorgane vorgestellt wird. Ein gemeinsames Muster, welches verschiedene Zellen innerhalb eines mehrzelligen Organismus' verbindet, wird demnach nicht gesehen.

Die Personifizierung der Zellen erstreckt sich nicht nur auf den strukturellen Bau von Zellen. Vielmehr kann das metaphorische Verständnis auch für Erklärungen der Lernervorstellungen herangezogen werden, nach denen Zellen anthropomorphe Lebensläufe zugewiesen werden.

4.2 Zellen sind Körperteile

Die Vorstellung, nach der Zellen Organe sind, dass Zellen also als Teile des Körpers verstanden werden, kann im Zusammenhang mit dem „Teil-Ganzes-Schema“, wie es LAKOFF (1987, 273f.) beschreibt, tiefergehend interpretiert werden. Danach verstehen wir uns als ganze Lebewesen mit Teilen, die wir manipulieren können. Das gesamte Leben verbringen wir einerseits in dem Bewusstsein unserer Ganzheit, andererseits in dem Bewusstsein unserer Teile. Wir nehmen unseren Körper als Ganzes mit Teilen wahr: Wir verstehen unsere Arme, Beine, den Kopf etc. als Teile, die sich zum Ganzen zusammensetzen. Ohne das Ganze sind die Teile nicht funktions- und überlebensfähig, sie sind abhängig vom ganzen Körper. Dieses metaphorische Verständnis wird nach LAKOFF (1987) in verschiedene Bereiche übertragen. Bezogen auf dieses Ver-

ständnis erscheinen Zellen für die Lerner, die sich *Zellen als Organe* vorstellen, als Teile des Körpers, die man manipulieren kann und für die der Körper als Ganzes sorgen muss. Diese Metapher *Zellen sind Körperteile* kann weiterhin zur Vorstellung führen, dass der Körper Zellen „hat“ oder besitzt – so wie man Finger und Augen hat – anstatt aus ihnen zu bestehen. Der Körper ist unabhängig von den Zellen, die Zellen aber sind abhängig vom Körper (Konzept: *Zellbesitz*).

4.3 Zellen sind Bausteine

Die Verwendung der Metapher *Zellen sind Bausteine* liegt nahe, da z.B. das mikroskopische Bild einer pflanzlichen Zellschicht bei geringer Vergrößerung stark an den Aufbau einer Hauswand erinnert. Es ist also nicht verwunderlich, dass gerade jüngere Schüler, denen die Erfahrungen mit stärkeren Vergrößerungen fehlen, eine Zwiebelhaut aus ihrer Erwartung als Wand und die Zwiebelzellen als Wand bildende Bausteine zeichnen. Dieses imaginative Verständnis der Zelle ermöglicht Lernenden die Erklärung des zellulären Baus der Lebewesen. Somit begründet sich mit der Metapher *Zellen sind Bausteine* die Vorstellung der Zelle als – wenn auch sehr starre – Basiseinheit der Lebewesen. Allerdings können Lerner dieses metaphorische Konstrukt dahingehend überdehnen, dass auch das Wachstum von Lebewesen mit der Baustein-Metapher als ein Aneinandersetzen von Bausteinen vorgestellt wird (Konzept: *Stein-auf-Stein-Wachstum*). Ausgangspunkt könnten hierbei wiederum verkörperte Vorstellungen sein, die z.B. im Zusammenhang mit dem spielerischen Zusammenbau von Bauklötzen gründen. Dies bedeutet, dass das Wachstum eines Lebewesens durch Zellteilung mit der Metapher *Zellen sind Bausteine* nicht erklärbar ist. Wird weiterhin davon gesprochen, dass Zellen den Körper der Organismen „aufbauen“, kann nicht unterschieden werden, ob damit der Zustand des Körpers oder der Prozess der Entstehung gemeint ist.

4.4 Wachstum ist größer werden

Zu „Wachstum“ gibt es sehr wohl verkörperte Vorstellungen. Wir kennen Wachstum bei Pflanzen, Tieren und Menschen. Dabei wird Wachstum in allen Fällen als „größer/länger werden“ oder Massenzunahme innerhalb eines Zeitraumes begriffen. Eine Übertragung dieser Vorstellungen in den Mikrokosmos kann zu einer Vorstellung führen, nach der Organismen durch die Vergrößerung der Elementareinheiten, den Zellen, wachsen (Konzept: *Wachstum als Zellvergrößerung*). Des Weiteren wird vor dem Hintergrund des metaphorischen Konstrukts *Wachstum ist größer werden*, die Lernervorstellung von der

mikroskopischen Struktur der Zwiebelhaut als Aneinanderreihung von kleinen, nicht sichtbaren Zwiebeln verständlich (Konzept: *Zellen als Fraktale*).

4.5 Teilung ist zerkleinern

Durch die erfahrungsbasierte Theorie des Verstehens ergibt sich mit Bezug auf die verkörperten Vorstellungen zu „Teilung“ ein Verständnis des Konzepts, nach dem sich die Chromosomenanzahl durch die Zellteilung halbiert (*Chromosomenanzahl schwankt*). Unseren verkörperten Vorstellungen zu „Teilung“ folgend benötigt ein Teilungsvorgang einen Akteur, der das Ganze teilt. Die dabei entstehenden Teile sind kleiner/weniger als das Ganze. Teilt man einen Kuchen, erhalten die Esser jeweils weniger und kleinere Stücke. Bezogen auf die Zellen erscheint es nach diesen Erfahrungen verständlich, dass die bei der Zellteilung entstehenden Zellen jeweils nur die Hälfte des Ausgangsmaterials, wie Chromosomen, Cytoplasma etc., enthalten sollen. Weiterhin wird aufgrund der lebensweltlichen Erfahrungen auch bei der Zellteilung nach einem Akteur gesucht, der den Prozess des Teilens vollzieht. Infolgedessen wird entweder der Ausgangszelle oder der entstehenden Zelle eine Identität und Handlung zugeordnet.

Tab. 2: Zuordnung der Lernerkonzepte zu den entsprechenden Denkfiguren.

Denkfigur	Zugeordnete Lernerkonzepte
Personifizierte Zellen Zellen werden Menschen analoge Strukturen, Funktionen, Bedürfnisse und Lebensweisen zugeschrieben.	<i>Zellen haben Organe</i> <i>Struktur folgt Funktion</i> <i>Chromosomenanzahl schwankt</i> <i>Lebenslauf der Zelle</i>
Zellen sind Körperteile Zellen werden als Teile des Körpers vorgestellt, die der Körper besitzt und produziert.	<i>Zellen sind Organe</i> <i>Zellbesitz</i>
Zellen sind Bausteine Zellen werden als Bausteine vorgestellt und für ein Wachstum von Lebewesen aneinandergesetzt.	<i>Stein-auf-Stein-Wachstum</i>
Wachstum ist größer werden Wachstum bedeutet größer/länger werden der (Körper-)Zellen mit der Zeit.	<i>Wachstum als Größenzunahme</i> <i>Zellen als Fraktale</i>
Teilung ist zerkleinern Ein Akteur teilt ein Ganzes; die Teile sind kleiner als das Ganze.	<i>Chromosomenanzahl schwankt</i>

5 Diskussion

Bei der Analyse der Befunde zu den Lernervorstellungen von Zellen konnten elf verschiedene Konzepte identifiziert werden (Kasten I, S. 39); sie decken sich nicht mit den fachwissenschaftlichen Vorstellungen. Solche Lernerkonzepte bestehen auch nach einer unterrichtlichen Vermittlung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass trotz der Stichproben aus ganz unterschiedlichen Ländern ähnliche Vorstellungen gefunden werden konnten. Die meisten Lernervorstellungen von Zellen scheinen demnach nicht mit dem Herkunftsland und dessen curricularem System erklärbar zu sein (vgl. DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988; 1989). Im Rahmen der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens machen diese Konzepte jedoch Sinn: Den Konzepten liegen gemeinsame metaphorische Konstrukte zugrunde. In der Re-Analyse konnten fünf verschiedene Denkfiguren gefunden werden. Gemeinsamer Ursprung dieser Konstrukte sind jeweils grundlegende Erfahrungen, die nicht länder- oder gesellschaftsspezifisch sind. Bezogen auf das untersuchungsübergreifende Konzept *Zellen haben Organe* wurde als mögliche Denkfigur *Personifizierte Zellen* identifiziert. Basis dieses metaphorischen Konstruktes sind dabei Erfahrungen mit der eigenen Person; Erfahrungen also, die nahezu jeder Mensch – unabhängig vom Herkunftsland – im Laufe seines Lebens macht.

Die identifizierten Denkfiguren können einerseits nützlich beim Lernen der fachwissenschaftlichen Vorstellung von der Zelle sein, andererseits können sie Lernhindernisse darstellen. So unterscheiden sich beispielsweise die verkörperten Vorstellungen zu Wachstum und zu Teilung von den fachlichen Vorstellungen des Zellwachstums und der Zellteilung (Abb. 2). Wir verbinden, auf der Basis unserer verkörperten Erfahrungen, mit Wachstum Vorstellungen des „größer/länger/stärker Werdens über die Zeit“. Die Transformation dieser Erfahrungen auf das Wachstum von Lebewesen kann die Vorstellung implizieren, dass Vielzeller aufgrund des größer bzw. länger Werdens einzelner Zellen wachsen. Zellwachstum kann nach dem fachwissenschaftlichen Verständnis jedoch nur in begrenztem Maße stattfinden und Wachstumsprozesse sind eine Kombination von Zellvermehrung und Zellwachstum. Dabei verbinden Wissenschaftler mit dem Begriff der Zellteilung einen Prozess, bei dem sowohl eine Teilung der Zelle, d.h. eine zeitlich begrenzte Verkleinerung der Ausgangszelle, aber auch ein Wachstum der entstehenden zwei Zellen, also im Vergleich zur Ausgangszelle eine Verzweifachung, stattfindet. Im Gegensatz dazu führen die Erfahrungen im lebensweltlichen Bereich zu Vorstellungen von Teilung, die mit „kleiner/weniger werden“ zu umschreiben sind und im Zusammenhang mit Wachstum durch Zellteilung zu Schwierigkeiten führen

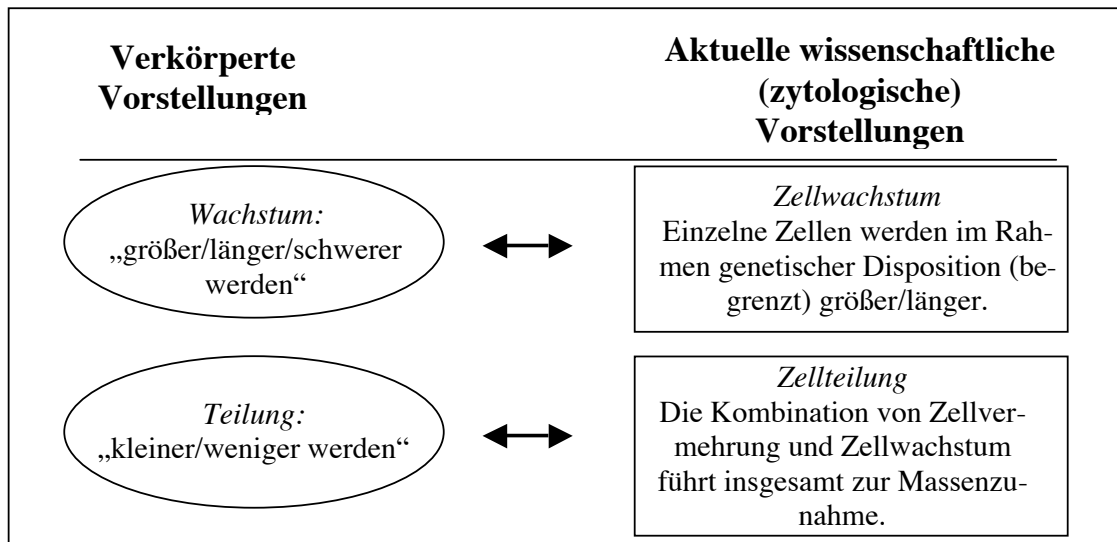


Abb. 2: Gegenüberstellung verkörperter Vorstellungen zu „Wachstum“ bzw. „Teilung“ und aktuellen wissenschaftlichen Vorstellungen. Die Doppelpfeile verweisen auf Widersprüche.

können. Warum sollte ein Körper wachsen und an Masse zunehmen, wenn sich dessen Zellen doch immer nur teilen, also kleiner werden als die Ausgangszelle? Der Begriff der Zellteilung kann somit für Lernende zunächst einmal verwirrend sein und keinerlei Vorstellungen eines Prozesses aus Teilung **und** Wachstum implizieren.

Die Ergebnisse der Re-Analyse weisen darauf hin, dass die Vermittlung des fachwissenschaftlichen Verständnisses von Zellen dann erfolgreich sein könnte, wenn den Lernern spezifische Erfahrungen angeboten würden und dadurch eine direkte Vorstellungsbildung erfolgen könnte. Dies könnte eine Übertragung verkörperter Erfahrungen aus anderen Ursprungsbereichen in den Zielbereich Zelle verhindern.

6 Ausblick

Im Sinne einer Triangulation sollen die Interpretationen der Lernervorstellungen empirisch auf ihre Tragfähigkeit in Interviews untersucht werden. Dies geschieht im Rahmen von Vermittlungsexperimenten (teaching experiments). Es werden Lernangebote auf der Basis der Re-Interpretation und der Fachlichen Klärung entwickelt und auf Möglichkeiten und Schwierigkeiten beim Lernen des fachwissenschaftlichen Verständnisses untersucht. Die Vermittlungsexperimente sind sowohl durch Interviewphasen als auch durch Lehr-Lernphasen strukturiert. Diese Vorgehensweise ermöglicht somit neben der Untersuchung der Lernprozesse mit den Lernangeboten die Erhebung der Ler-

nervorstellungen von der Zelle und ihren Strukturen bzw. von der Zelle im Organismus.

Zitierte Literatur

- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. & M.P. JIMÉNEZ ALEIXANDRE (1998): Interpretation and Drawing of images in biology learning. BAYRHUBER, H. & F. BRINKMAN [Eds.], What – Why – How? Research in Didaktik of Biology. IPN, Kiel, 93-102.
- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. & M.P. JIMÉNEZ ALEIXANDRE (1993): Drawing and Slicing Cells. Comunicaci Ün presentada en el 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca, New York.
- DREYFUS, A. & E. JUNGWIRTH (1988): The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *Int. J. Educ.* **10** (2), 221-229.
- DREYFUS, A. & E. JUNGWIRTH (1989): The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education* **23** (1).
- GROPENGIEßER, H. (1997): Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung. Zentrum für pädagogische Berufspraxis. Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- GROPENGIEßER, H. (2002): Lebenswelten, Sprechwelten, Denkwelten. Wie man Schülervorstellungen verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 4, Didaktisches Zentrum Oldenburg (in Vorbereitung).
- HACKLING, M. & D. TREAGUST (1982): Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching* **21** (2), 197-209.
- HACKLING, M. (1982): An Examination of Secondary Students' Understanding of Inheritance Concepts. *The Australian Science Teachers Journal* **28** (1) 13-20.
- HILGE, C. (1999): Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zu Mikroorganismen und mikrobiellen Prozessen – Ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion. DiZ Didaktisches Zentrum, Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- KATTMANN, U., R. DUIT, H. GROPENGIEßER & M. KOMOREK (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN* **3** (3), 3-18.
- KATTMANN, U. & H. GROPENGIEßER (1996): Modellierung der didaktischen Rekonstruktion. In: DUIT, R. & C. von RHÖNECK [Hrsg.]: Lernen in den Naturwissenschaften. IPN, Kiel.
- KATTMANN, U. (1993): Das Lernen von Namen, Begriffen und Konzepten – Grundlagen biologischer Terminologie am Beispiel »Zellenlehre«. *MNU* **46** (5), 275-285.
- LAKOFF, G. & M. JOHNSON (1980): *Metaphors we live by*. The University of Chicago Press, Chicago London.
- LAKOFF, G. (1987): *Women, Fire and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. The University of Chicago Press.
- LEWIS, J., J. LEACH & C. WOOD-ROBINSON (2000a): Chromosomes: the missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education* **34** (4).
- LEWIS, J., J. LEACH & C. WOOD-ROBINSON (2000b): Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education* **22** (2), 177-195.
- MARBACH-AD, G. & R. STAVY (2000): Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education* **34** (4), 200-205.
- MÜLLER, W. [Hrsg.] (1985): *Der Duden „Bedeutungswörterbuch“*. Dudenverlag, Mannheim Wien Zürich.
- PFUNDT, H. & R. DUIT (2000): Bibliography "Students' Alternative Frameworks and Science Education".
- ZAMORA, S.E. & M. GUERRA (1993): Misconceptions about cells. 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca, New York.

Kasten I: Zusammenfassung der Befunde zu Lernervorstellungen von Zellen auf der Ebene von Konzepten. Mit „jüngeren Schülern/Lernern“ wurden Schüler bis zur Jahrgangsstufe 8 charakterisiert, mit „älteren Lernern/Schülern“ sind Schüler ab der 9. Jahrgangsstufe gemeint. In Klammern stehen die jeweiligen Autoren der Primärerhebungen, aus denen das jeweilige Konzept identifiziert wurde.

Struktur folgt Funktion: Für manche Schüler ist der Aufbau der Zelle abhängig von ihrer Funktion. Für sie gibt es Zellen, die auf die Produktion von Energie spezialisiert sind und daher Mitochondrien besitzen, während anderen diese Organellen fehlen. Für andere Schüler kommen Gene nur in spezifischen Geweben und Organen, den Reproduktionsorganen, vor. (DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988; 1989; ZAMORA & GUERRA, 1993; LEWIS et al., 2000a)

Chromosomenanzahl schwankt: Einige Schüler denken, dass die Anzahl der Chromosomen in einer Zelle abhängig ist von ihrem Zelltyp, vom Alter oder von dem Gesundheitszustand der Zelle. Andere gehen von einer Halbierung des Chromosomensatzes durch die Zellteilung aus. (HACKLING & TREAGUST, 1984; LEWIS et al., 2000b)

Zellen haben Organe: Schüler können sich vorstellen, dass Zellen mehrzellige Organe bzw. Organsysteme besitzen. Kleine Zellen haben kleine Verdauungssysteme und Einzeller kleine Lungen. Bakterienzellen ernähren sich nach Meinung einiger Lerner menschenähnlich und besitzen z.B. Mund und Magen. (DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988; 1989; ZAMORA & GUERRA, 1993; HILGE, 1999)

Zellen sind Organe: Schüler können sich Zellen als Organe vorstellen. Dies bedeutet, dass sie als Körperteile mit bestimmten Funktionen oder Leistungen angesehen werden, für die der Körper sorgt und z.B. Nahrung zuführen muss. Außerhalb des Körpers sind Zellen dementsprechend nur begrenzt lebensfähig. (ZAMORA & GUERRA, 1993)

Kontrollierte Zellen: Einige Lerner sehen eine übergeordnete Kontrolle der Zellen durch das Gehirn. Andere stellen sich eine Überwachung der Zellfunktionen durch den Kern vor. (DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988; 1989; ZAMORA & GUERRA, 1993)

Lebenslauf der Zelle: Zellen durchlaufen in der Vorstellung einiger Schüler die Entwicklungsstufen Kindheit, Jugend und Erwachsenenalter. Sie werden geboren, wachsen, altern und sterben. (ZAMORA & GUERRA, 1993; LEWIS et al., 2000a)

Stein auf Stein-Wachstum: Einige Schüler stellen sich den Prozess des Entstehens von mehr- oder vielzelligen Lebewesen wie das Aneinandersetzen von Bausteinen vor. Jüngere Schüler zeichnen eine Zwiebelhaut als Wand mit Bausteinen aus Zwiebelzellen. (DREYFUS & JUNGWIRTH, 1988, 1989; DIAZ DE BUSTAMANTE, 1998; HILGE, 1999)

Wachstum durch Zellvergrößerung: Lerner können sich das Wachstum von Geweben oder vielzelligen Organismen als ein größer werden der (Körper-)Zellen vorstellen. (ZAMORA & GUERRA, 1993)

Zellen als Fraktale: Jüngere Schüler können sich einen selbstähnlichen Aufbau der Zwiebelhaut aus kleinen Zwiebeln vorstellen. (ZAMORA & GUERRA, 1993)

Zellbesitz: Manche Schüler stellen sich vor, dass ihr Körper Zellen hat oder besitzt, d.h. der Körper ist unabhängig von den Zellen und produziert diese [anstatt aus ihnen zu bestehen]. (ZAMORA & GUERRA, 1993)

Darstellungsschwierigkeiten: Vor allem jüngere Schüler haben Schwierigkeiten Zellen zu zeichnen. Älteren Schülern und Lehramtsstudenten fällt es zwar leicht Zellen darzustellen,

bei der Zeichnung von Zellorganellen treten jedoch Probleme auf. Die Darstellung der Zellorganelle erfolgt häufig ohne definierte Formen, stattdessen werden sie mithilfe von Kreisen verschiedener Größen, ovaler oder gekrümmter Linien visualisiert. (ZAMORA & GUERRA, 1993; DIAZ DE BUSTAMANTE & JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 1998)

Zellen sind unklar klein: Manche Schüler stellen sich Gene größer vor als Chromosomen oder Proteine größer als Zellen. Bakterien werden von Lernern zumeist als mikroskopisch klein beschrieben. Einige Studenten zeichnen Zellen, bei denen Zellwand, -membran und -kern auf lichtmikroskopischer, Mitochondrien und Chloroplasten auf elektronenmikroskopischer Ebene dargestellt sind. [Dies bedeutet, dass viele Lernende die Größendimensionen und/oder die Komplexitätsebenen innerhalb der Zelle nicht klar voneinander abgrenzen können]. (DREYFUS et al., 1988; 1989; LEWIS et al., 2000b)