

Riemeier, Tanja

## Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 41-55*



Quellenangabe/ Reference:

Riemeier, Tanja: Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 11 (2005), S. 41-55 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315880 - DOI: 10.25656/01:31588

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315880>

<https://doi.org/10.25656/01:31588>

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](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

TANJA RIEMEIER

## Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum

## Zusammenfassung

Die Vorstellungen der Lerner sind eine wesentliche Voraussetzung für das Lernen und sollten sowohl bei der Planung von Unterricht als auch im Lehr-Lernprozess einbezogen werden. In diesem Beitrag wird beschrieben, welches Lernerverständnis im Bereich der Zelltheorie verfügbar sein kann. Hierfür werden vorhandene Befunde aus Primärerhebungen zusammengefasst und auf der Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens reinterpretiert. Weiterhin werden Vorstellungen in Vermittlungsexperimenten empirisch erfasst und mithilfe des theoretischen Rahmens verallgemeinert. Es zeigt sich dabei, dass das Lernerverständnis einerseits auf lebensweltlichen Erfahrungen basiert und Vorstellungen von einem lebensweltlichen Ursprungsbereich auf den Zielbereich Zelle übertragen werden. Andererseits erwächst das Lernerverständnis aus wissenschaftsorientierten Vorstellungen, deren Ursprünge in schulischen oder medialen Erfahrungen liegen. Aus diesen Erkenntnissen können letztlich Lernschwierigkeiten im Bereich der Zelltheorie abgeleitet werden.

## Abstract

Following constructivism, students conceptions should be considered in planning of lessons and taken up in the learning process. For this, we require information about available conceptions for a certain topic. The study presented investigate the understanding in the topic of cell theory. For this existing findings from international investigations are summarized and reinterpreted within the theory of experiential realism. Furthermore, students conceptions are collected in teaching experiments. Outcomes demonstrate that the meaning is on the one hand based on real, direct experiences and embodied conceptions are transferred to the domain of cells. On the other hand the understanding arises from scientific-oriented conceptions. Based on these findings learning difficulties can be identified.

## 1 Einleitung

„Unter Zellen stelle ich mir irgendwie so ein rundes Teil mit einer Membran drum herum vor“ (Markus, 9. Klasse eines Gymnasiums). Markus verfügt über Vorstellungen von der Zelle, die wenig differenziert sind und dem biologischen Verständnis nicht genügen. Ein Blick auf die empirischen Untersuchungen zu Lernervorstellungen von der Zelle zeigt (z.B. Lewis et al. 2000), dass Markus kein Einzelfall ist. Häufig entwickeln Schüler auch nach einem Unterricht zu diesem Thema nicht das fachwissenschaftliche Verständnis. Dies ist umso mehr ein (fachdidaktisches) Problem, als dass die Zelltheorie neben der Evolutionstheorie eine der bedeutenden Theorien der Biologie darstellt und insofern obligatorischer Bestandteil vieler Lehrpläne ist. Eine Optimierung des Zellbiologie-Unterrichts erscheint in

Anbetracht der Vielzahl von publizierten Unterrichtskonzepten (z.B. Bossert 2002) zu diesem Thema zunächst einfach. Jedoch zeigt sich schnell, dass die Wirksamkeit dieser Konzeptionen kaum empirisch untersucht wurde. Des Weiteren sind viele der Unterrichtsvorschläge in einem Entwicklungsprozess entstanden, in dem die fachwissenschaftlichen Vorstellungen als gegeben hingenommen und Lernervorstellungen – wenn überhaupt berücksichtigt – nicht fruchtbar in die Lehr-Lernprozesse eingebunden wurden. Ausgehend von einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernens erscheint aber gerade das Einbinden der Lernervorstellungen in den Vermittlungsprozess zwingend erforderlich, um einen langfristigen Lernerfolg zu erreichen. Hierfür bedarf es Informationen über verfügbare Schülervorstellungen von der Zelltheorie, wozu die vorliegende Studie einen

Beitrag leistet. Es werden empirische Befunde zum Lernerverständnis aufgezeigt, die letztlich die Grundlage für Unterrichtskonzeptionen darstellen (Riemeier 2005).

## 2 Theoretischer Rahmen

Der theoretische Rahmen der Untersuchung wird von insgesamt drei Ansätzen aufgespannt: Für das Verständnis vom Lernen wird die konstruktivistische Sichtweise herangezogen. Im Zentrum dieses Verständnisses stehen die Lerner, die sich ihr Wissen in einem aktiven und selbst gesteuerten Prozess konstruieren (u.a. Gerstenmaier & Mandl 1995). Ausgangspunkt dieses aktiven Konstruktionsprozesses sind verfügbare Vorstellungen der Lerner (Duit 1995). Hierbei werden Vorstellungen in dieser Untersuchung als eine Form des mentalen Erlebens verstanden. Daneben gibt es andere mentale Erlebnisse wie Gefühle oder Wahrnehmungen des Körpers, wobei die verschiedenen Erlebnisse nicht unabhängig voneinander, sondern miteinander verkoppelt sind. Innerhalb dieser Untersuchung werden mit den Vorstellungen nur die Kognitionen berücksichtigt, wohl wissend, dass auch Emotionen beim Lernen beteiligt sind. Neurophysiologisch wird das mentale Erlebnis, d.h. die Vorstellung, von einem bestimmten neuronalen Aktivitätsmuster begleitet. Dieses Aktivitätsmuster korreliert dabei eng mit den neuronalen Mustern der entsprechenden Handlung (Posner & Raichle 1996). Stellen wir uns beispielsweise das Aussehen eines Hundes vor, so sind dabei u.a. ähnliche Neurone oder Gruppen von Neuronen aktiv wie beim Sehen eines Hundes. Vorstellungen sind also mentale Erlebnisse, die auf neurophysiologischer Ebene an den menschlichen Cortex, d.h. an Neuronen, synaptische Verknüpfungen und Erregungen gebunden sind. Vorstellungen sind für Lerner viabel, sie sind also brauchbar und dienen der Orientierung und dem Überleben in der Umwelt. Auch werden die Lernervorstellung in dieser Arbeit nicht als »falsch« bezeichnet, wenn sie sich von den wissenschaftlichen Vorstellungen unterscheiden. Vielmehr entsprechen sie einem biologischen oder lebensweltlichen Verständnis. Vorstellungen können auch nicht einfach weitergegeben

oder aufgenommen werden, sondern sie werden im Sinne des konstruktivistischen Ansatzes situativ vom Lerner erzeugt (Reinmann-Rothmeier & Mandl 2001). »Denken« wird in dieser Untersuchung verstanden als die Aktivierung eines bestimmten neuronalen Musters. Mit »Lernen« ist die Veränderung des neuronalen Aktivitätsmusters und damit die Veränderung des mentalen Erlebens, d.h. der Vorstellung gemeint. Dabei werden neuronale Strukturen in einem zeit- und energieaufwendigen Prozess wiederholt aktiviert und verändert. Die Veränderung zeigt sich darin, dass sich die Qualität und die Anzahl von Verknüpfungen zwischen den Neuronen modifiziert (Kandel et al. 2000). Beim Lernen wird also vom verfügbaren kognitiven System ausgegangen, woraus über neurobiologische Prozesse neue neuronale Strukturen generiert werden, die wiederum Ausgangspunkte für andere Lernprozesse sein können. Das bedeutet auch, dass Vorstellungen nicht einfach ersetzt werden können. Lernen muss vielmehr von den verfügbaren Kognitionen ausgehen und durch das Lernen werden Vorstellungen verändert.

Die Ergebnisse der Conceptual Change-Forschung werden in dieser Untersuchung herangezogen, um die Voraussetzungen für das Lernen theoretisch zu klären. Danach ist die Veränderung von Vorstellungen und damit ein Lernen fachlicher Inhalte an die Bedingungen »Unzufriedenheit«, »Verständlichkeit«, »Plausibilität« und »Fruchtbarkeit« geknüpft (Strike & Posner 1992). Allerdings wird in der vorliegenden Untersuchung unter einem Konzeptwechsel nicht das Ersetzen der Lernervorstellung durch die fachwissenschaftlichen Vorstellungen verstanden. Vielmehr soll den Lernern durch die didaktisch rekonstruierten Lernangebote eine kontextbezogene Anwendung der unterschiedlichen Vorstellungen ermöglicht werden. In diesem Sinne bedeutet Lernen eine Strukturierung von bereits verfügbaren (oft lebensweltlich orientierten) und von neu konstruierten fachwissenschaftlichen Vorstellungen. Voraussetzung hierfür ist eine Reflexion der eigenen Vorstellungen, d.h. eine metakognitive Perspektive auf den eigenen Lernprozess.

Mit der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Lakoff & Johnson 1980, Gropengießer 2003) wird die Genese des Lernerverständnisses untersucht, d.h. es soll geklärt werden, welches lebensweltliche Verständnis im Bereich der Zelltheorie verfügbar ist und in welchen Erfahrungen dieses Verständnis gründet. Die Theorie macht Aussagen zum Verhältnis von Erfahrung, Sprache und Denken, die in Anlehnung an Lakoff (1987) in folgenden Annahmen zusammengefasst werden können (Abb. 1):

- Kognition ist »verkörpert«: Der Kern unseres kognitiven Systems gründet in Erfahrungen, die wir mit unserer Wahrnehmung, mit unserer Körperbewegung sowie in der sozialen und physischen Umwelt machen. Der Begriff »Erfahrung« meint in dieser Theorie alle Wechselwirkungen, die ein Individuum mit der Umwelt hat. Diese sind die Basis unseres Verständnisses. Dabei werden zwei Arten von Konzeptualisierungen (Lakoff 1987, 267) unterschieden: Einerseits basiert unser kognitives System auf »Basis-Begriffen« („Basic-level structure“, z.B. Hund, Katze). Wir verstehen die Bedeutung dieser Wörter durch direkte Erfahrungen und durch diese Erfahrungen können wir beispielsweise einen Hund von einer Katze unterscheiden. Andererseits gründet unser Verständnis in kinästhetischen Schemata (hinten-vorne, außen-innen, Zentrum-Peri-

pherie, Start-Weg-Ziel etc). Unsere Vorstellung von »oben-unten« erwächst beispielsweise aus der Orientierung des Körpers in der vertikalen Ebene. Die Vorstellungen, die in diese zwei Arten von Erfahrungen gründen, werden direkt verstanden.

- Kognition ist »imaginativ«: Die Bereiche, in denen wir durch Erfahrungen direktes Verständnis erlangen werden als Ursprungsgebiete bezeichnet. Daneben verfügen wir über konzeptuelle Strukturen in Domänen, die nicht direkt in Erfahrungen gründen. Hier erlangen wir indirekt Verständnis durch metaphorische Projektion von Vorstellungen aus einem Ursprungsbereich in diesen »Zielbereich«. Die Ursprungsdomäne ist dabei aufgrund ihrer Erfahrungsnähe unmittelbar einsichtig und nachvollziehbar, während der Zielbereich aufgrund der fehlenden Erfahrung schwerer einsichtig ist (Kronberger 1999). Verstehen wir beispielsweise eine Krankheit als Kampf, so übertragen wir grundlegende Erfahrungen eines Kampfes oder Streites auf den Zielbereich Immunabwehr und versuchen so unsere physiologischen Körperfunktionen zu verstehen. Metaphorisch meint in der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens also im wesentlichen die Übertragung von kognitiven Strukturen aus einem Bereich in einen anderen. Metaphern werden in dieser Theorie also nicht im Sinne des klassischen Metaphernbegriffs als sprachliche Ausschmückung angesehen, sondern als metaphorische Konzepte, mit denen wir Verständnis über die Welt erlangen. Neben Metaphern nutzen wir auch Metonymien oder Analogien für die Übertragung konzeptueller Strukturen (Lakoff und Johnson 1980, 39).

- Kognition »korrespondiert mit Sprache«: Nach Lakoff und Johnson (1980, 3) sind Sprache, Denken und Handeln Ausdruck eines in weiten Teilen metaphorisch strukturierten kognitiven Systems. Dadurch ist eine Untersuchung der metaphorischen (kognitiven) Konstrukte durch die Analyse von Metaphern und Metonymien möglich (Gropengießer 2002).

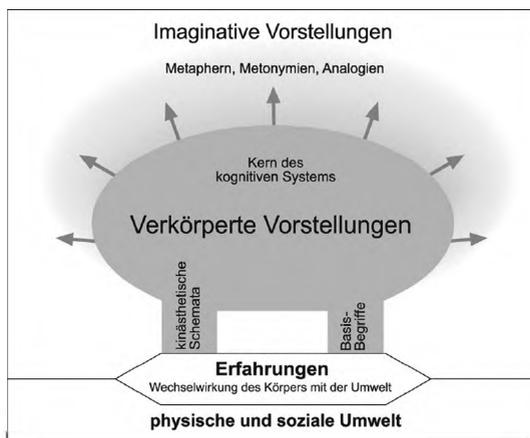


Abb. 1: Das Erwachsen verkörperter Vorstellungen aus Erfahrungen nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (grafische Umsetzung J. Groß)

### 3 Fragestellung der Untersuchung

Auf der Grundlage des theoretischen Rahmens stellen die Vorstellungen der Schüler Anknüpfungspunkte für Lehr-Lern-Prozesse dar. Um effektive Vermittlungssituationen zu entwickeln, ist es demnach zwingend erforderlich, die Schülervorstellungen zu dem jeweiligen Thema zu kennen. In dieser Untersuchung sollten die Vorstellungen der Lerner im Bereich der Zelltheorie erfasst werden. Darüber hinaus wurden die Vorstellungen auf der Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens interpretiert, um die Genese der Vorstellungen identifizieren und daraus Lernschwierigkeiten ableiten zu können. Aus dieser Zielsetzung leiteten sich folgende Untersuchungsfragen ab:

- Über welche Vorstellungen von der Zelltheorie verfügen Lerner?
- Welche Erfahrungshintergründe ergeben sich für das Lernverständnis auf der Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens?

### 4 Methoden

Das methodische Vorgehen der Untersuchung orientierte sich am Forschungsrahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997). Für die Untersuchungsaufgabe »Erfassen der Lernerperspektive« wurden die Lernervorstellungen im Sinne einer Methodentriangulation mit insgesamt drei verschiedenen Vorgehensweisen erhoben:

- a) Metaanalyse empirischer Primärerhebungen (Brinschwitz 2002): Die Metaanalyse (nach Klauer 2001) zielte auf eine »qualitative« Reinterpretation von vorliegenden – häufig quantitativ ermittelten – Befunden ab. Das Vorgehen erfolgte in drei Schritten: Zunächst wurden die Primärerhebungen unter Berücksichtigung der Fragestellung kritisch gesichtet und zusammenfassend dargestellt. In einem zweiten Schritt folgte eine Zusammenfassung der Befunde auf der Ebene von Konzepten und Denkfiguren. Es wurden dabei nur diejenigen Vorstellungen bezeichnet und diskutiert, die in Bezug auf die Fragestellung Inhalt tragend waren, d.h. Vorstellungen zu anderen biologischen Bereichen wurden hier nicht explizit benannt.

Die sich anschließende Interpretation der Befunde erfolgte vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. Diese Analyse aus neuer theoretischer Perspektive sollte ein tieferes Verständnis der Lernervorstellungen ermöglichen. Für die Auswahl der Primärerhebungen wurde die Bibliographie von Duit (2004) genutzt. Es wurden auch Quellentexte in die Analyse mit einbezogen, deren Fragestellung primär auf die Vorstellungen von anderen biologischen Inhalten, wie z.B. der Genetik oder Mikrobiologie, abzielten. Da in diesen Studien ebenfalls Lernervorstellungen von der Zelle deutlich wurden, konnte so eine größere Breite von Vorstellungen erfasst werden.

Insgesamt wurden 13 Publikationen in die Metaanalyse einbezogen (Tab. 1). Diese Studien enthalten Befunde von insgesamt 2717 befragten Schülern und 372 Lehramtsstudenten aus sieben verschiedenen Ländern (Australien, Chile, Deutschland, England, Israel, Mexiko und Niederlande Tab. 1). Es fällt dabei auf, dass keine Primärerhebung die Lernervorstellungen von der Zelle mit deutschen Schülern untersuchte. Drei Untersuchungen (Schaefer 1979, Hilge 1999, Hesse 2002) wiesen Stichproben mit deutschen Probanden auf, wobei die Fragestellungen dieser Erhebungen primär auf die Vorstellungen zu anderen biologischen Themen (Mikroorganismen bzw. Wachstum) abzielten bzw. abfragbares Wissen von Lehramtsstudierenden untersucht wurde. Alle Untersuchungsgruppen setzten sich sowohl aus weiblichen als auch aus männlichen Probanden zusammen. Die Klassenstufen reichten von der siebten Klasse bis zu Lehramtsstudierenden, dabei hatten alle Befragten das Zellkonzept und die überwiegende Mehrzahl die Zellteilung vermittelt bekommen. Das methodische Vorgehen beinhaltete quantitative und qualitative Forschungsmethoden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass aktuelle empirische Untersuchungen zum Lernverständnis der Zelltheorie mit deutschen Schülern fehlen.

Autor(en)	Stichprobe	Erhebungsinstrument
Díaz de Bustamante, J. & Jiménez Aleixandre, M. P. (1993)	14- bis 17-jährige chilenische Schüler (n=227) und Lehramtsstudenten (n= 47)	Zeichnungen
Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1988)	15- bis 16-jährige israelische Schüler (n=219)	offener Fragebogen und Interview
Hackling, M. (1982)	15-jährige australische Schüler (n=132)	Assoziationstest und concept maps
Hackling, M. & Treagust, D. (1982)	15-jährige australische Schüler (n=48)	Interview
Hesse, M. (2002)	Lehramtsstudierende des Grundstudiums an der Universität Münster (n=299)	Fragebogen
Hilge, C. (1999)	Deutsche Schüler der gymnasialen Oberstufe (n=10)	Interview
Knippels, M.-C. (2002)	15- bis 18-jährige niederländische Schüler (n=94) und Biologielehrer (n=19)	Interview, Unterrichtsbeobachtungen, Schülertagebücher
Lewis, J.; Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000)	14- bis 16-jährige, englische Schüler (n=482)	offener Fragebogen
Lewis, J.; Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000)	14- bis 16-jährige, englische Schüler (n=482)	offener Fragebogen und Gruppendiskussionen
Marbach-Ad, G. & Stavy, R. (2000)	Israelische Schüler des 9. bzw. 12. Jahrgangs (n=184 bzw. n=121) und Lehramtsstudenten (n=26)	geschlossener Fragebogen und Interview
Schaefer, G. (1979)	Deutsche Schüler der Sekundarstufe I (Haupt- und Realschule, n=152) und II (n=92) sowie Biologie-Studenten (n=112) und Biologie-Lehrer (n=67)	Assoziationstest
Verhoeff, R. (2003)	15- und 16-jährige niederländische Schüler (n=72) und Biologielehrer	Interview, Unterrichtsbeobachtungen, Schülertagebücher, Fragebögen
Zamora, S. E. & Guerra, M. (1993)	Mexikanische Schüler des 7., 8. und 9. Jahrgangs (n=150)	offener Fragebogen und Zeichnungen

Tabelle 1: Zusammenfassung der untersuchten Primärerhebungen im Bereich der Zelltheorie

- b) Kognitionslinguistische Analyse zentraler Wörter (Riemeier & Gropengießer 2003): Vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens wurden Wörter, die sich im Zusammenhang mit der Arbeit als zentral herausgestellt haben, kognitionslinguistisch analysiert (Gropengießer 1999). Als Quellenmaterial dienten hierfür Bedeutungswörterbücher der deutschen Sprache (Duden, Grimm & Grimm). Dadurch sollten lebensweltliche Vorstellungen erfasst werden, die innerhalb der deutschen Sprechergemeinschaft verfügbar sein können.
- c) Analyse von Interviewphasen in Vermittlungsexperimenten (teaching experiments, Steffe 1983, Katu et al. 1993, Riemeier 2005): Innerhalb eines Vermittlungsexperiments

existieren neben Phasen, die der Vermittlung dienen, mehrere Interviewphasen. In diesen fragt der Versuchsleiter vertiefend nach den Vorstellungen der Probanden. In Anlehnung an Wilbers und Duit (2001) wurde in der Untersuchung ein Gruppen-design (drei Lerner pro Gruppe) gewählt. Hieran nahmen insgesamt 14 Gymnasial-Schüler (9 Mädchen, 5 Jungen) an insgesamt 5 Vermittlungsexperimenten teil. Zur Auswahl der Lerner wurden Lehrerinnen und Lehrer verschiedener hannoverscher Gymnasien gebeten, Lerner der 9. Jahrgangsstufe aus dem mittleren Leistungsniveau zu benennen, die von ihnen als kommunikativ eingeschätzt wurden. Die Wahl der Jahrgangsstufe stellte sicher, dass alle Lerner den Zellbegriff, jedoch nicht die Mitose im Unterricht behandelt hatten. Die Vermittlungsexperimente wurden teils strukturiert geplant und durchgeführt. Die Datenaufnahme erfolgte mithilfe digitaler Videotechnik, um eine eindeutige Sprecheridentifikation zu gewährleisten und über die verbale Sprache hinaus nonverbale Kommunikationselemente wie Gestik und Mimik dokumentieren zu können. Zur Auswertung der Videodaten wurde die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring 2003) herangezogen.

## 5 Ergebnisse

### Lernerverständnis im Bereich der Zelltheorie

Zur Beantwortung der Frage, über welches Verständnis Lerner im Bereich der Zelltheorie verfügen können, werden die Ergebnisse der Metaanalyse empirischer Befunde, der kognitionslinguistischen Analyse sowie der Analyse von Interview-Phasen in den Vermittlungsexperimenten herangezogen. Im Folgenden werden die Vorstellungen auf der Ebene von Konzepten, Denkfiguren und Schemata zusammengeführt.

### Zelle: Metaphorisches Verständnis der Lerner

Es wurden keine Vorstellungen von der Zelle erfasst, die in direkten lebensweltlichen Erfahrungen der Lerner gründen. Dieses Ergebnis

deckte sich mit den Erkenntnissen aus der kognitionslinguistischen Analyse des Wortes »Zelle«. Hierbei zeigte sich, dass sich unsere lebensweltlichen Erfahrungen zum Wort »Zelle« auf die makroskopische Ebene beziehen. Zur Zelle, wie sie die Biologen im Mikrokosmos meinen, machen wir lebensweltlich kaum Erfahrungen, sodass zum biologischen Zellbegriff kaum verkörperte Vorstellungen verfügbar sind. Dagegen konnten mehrere Konzepte von der Zelle erhoben werden, die durch die imaginative Übertragung von Vorstellungen aus der makroskopischen in die mikroskopische Ebene verfügbar waren (Tab. 2). Diese Vorstellungen erschienen zunächst sehr unterschiedlich. Auf der Grundlage der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens war es jedoch möglich, die Vorstellungen auf insgesamt drei Schemata zusammen zuführen:

Das Schema »Person«

*„Ein Pantoffeltherchen, das frisst ja auch und verdaut das wieder. Zwar auf eine andere Art und Weise, im Grunde genommen ungefähr in derselben Art wie der Mensch.“ (Lena)*

*„Die Funktion des Zellkerns ist es Erbmaterial zu überliefern oder es ist das Gehirn von dem Ganzen, glaub ich.“ (Markus)*

Wie die Aussagen von Lena und Markus verdeutlichen, übertrugen die Lernenden menschliche Körperstrukturen auf Zellen und deren Bestandteile, um sich zelluläre Strukturen vorzustellen. Hierbei stellte die eigene Person den Ursprungsbereich und die Zelle den Zielbereich dar. Weiterhin wurden die erfassten Vorstellungen, in denen die Vermehrung von Bakterien ähnlich der menschlichen Fortpflanzung beschrieben wurde, dem Schema »Person« zugeordnet. Gemeinsam ist allen Konzepten dieses Schemas, dass Schüler menschliche Eigenschaften, Emotionen, Fähigkeiten, Handlungen oder auch die menschliche Körpergestalt auf Zellen oder Zellbestandteile übertragen. Es wurden also anthropomorphe, animistische, intentionale oder finale Vorstellungen in diesem Schema zusammengefasst.

Konzept		Verständnis	Daten- quelle
Name	Beschreibung		
<i>Zellen haben Organe</i>	Zellen besitzen mehrzellige Organe bzw. Organsysteme.	»PERSON«- SCHEMA	Vexp., M
<i>Einzeller verdauen wie Menschen</i>	Die Nahrungsaufnahme und -verdauung bei Einzellern geschieht wie beim Menschen.		Vexp.
<i>Lebenslauf der Zelle</i>	Zellen durchlaufen die Entwicklungsstufen Kindheit, Jugend und Erwachsenenalter. Sie werden geboren, wachsen, altern und sterben.		M
<i>Zellen bekommen Nachwuchs</i>	Die Vermehrung der Zellen verläuft ähnlich wie die menschlichen Fortpflanzung und Entwicklung.		Vexp., M
<i>Zellkerne Sind Gehirne</i>	Der Zellkern ist vergleichbar mit dem menschlichen Gehirn.		Vexp.
<i>Zellkommunikation</i>	Zellen in einem Vielzeller kommunizieren miteinander.		Vexp.
<i>Zelle Ist Behälter für Zellbestandteile</i>	Zellen sind durch die Zellwand begrenzte, räumliche Strukturen mit einer Innen- und Außenseite.	»BEHÄLTER«- SCHEMA	Vexp., M
<i>Körperteil Ist Behälter für Zellen</i>	Körperteile wie Fingernägel oder Haare sind Behälter, die mit Zellen ausgefüllt sind.		Vexp.
<i>Zellkern Ist Behälter für Zellkernbestandteile</i>	Der Zellkern enthält Informationen, Gene, Chromsomen oder DNA.		Vexp.
<i>Kern als Zentrum</i>	Der Zellkern als wichtigste Zellstruktur liegt im Zentrum der Zelle.	»ZENTRUM- PERIPHERIE«- SCHEMA	Vexp.
<i>Schützendes Zellplasma</i>	Die Funktion des Zellplasmas ist es, den Zellkern zu schützen.		Vexp.

Tab. 2: Metaphorisches Verständnis von der Zelle (Vexp.=Vermittlungsexperimente, M=Metaanalyse)

Das »Behälter«-Schema

„Man könnte ja die Zelle als Raum betrachten. Also, etwas abstrakt gedacht. Anstelle von Luft ist in der Zelle Plasma drin“. (Lisa) „Genau, eine Wand ist drum herum und der Kern ist halt der, der da drin hockt“. (Ute)

„Deine Fingernägel und deine Haare sind doch auch unterschiedlich und da sind auch überall Zellen drin“. (Maja)

Lisa und Ute stellten sich Zellen als Behälter vor, dessen Inneres von Plasma erfüllt ist. Die (Zell-)Wand begrenzt diesen Behälter. Hierbei übertrugen sie die Strukturelemente des von Lakoff und Johnson (1999) beschriebenen »Behälter«-Schemas (Innen, Begrenzung und Außen) auf die Zelle. Dadurch wurde eine räumliche Vorstellung von der Zelle verfügbar. Wie an Majas Vorstellung deutlich wird, übertrugen die Schüler das »Behälter«-Schema auch auf die Ebene der Körperteile (*Körperteil Ist Behälter für Zellen<sup>1</sup>*) und die Kern-Ebene (*Zellkern Ist Behälter für Zellkernbestandteile*).

<sup>1</sup> In Anlehnung an Lakoff und Johnson (1999, 58) sind einige Konzeptnamen (z.B. *Zellen Sind Menschen*) durch ein großes »Sind« oder »Ist« gekennzeichnet, was soviel bedeutet wie »wird metaphorisch verstanden als«. Das Subjekt bezeichnet hierbei den Zielbereich und das Objekt den Ursprungsbereich.

Das »Zentrum-Peripherie« Schema

*„Ich denke, der Zellkern ist so was wie die Basis. Wo alles drin ist und alles formiert sich so drum herum und das ist eben genau die Mitte und dort ist dann das Wichtigste drin.“ (Sarah)*

*„Ich meine, das Plasma schuabbelt in der Zelle einfach nur so drin rum, damit der Zellkern einen Schutz hat, damit er einen Puffer hat. Vielleicht ist ja die Zellwand oder die Zellmembran ganz hart und damit der wichtige Zellkern sich nicht verletzt, braucht er einen Schutz.“ (Lisa)*

Die Vorstellungen von Sarah und Lisa wurden vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens dem Schema »Zentrum-Peripherie« (Lakoff 1987, 274) zugeordnet. Danach erfahren wir unseren Körper mit Zentren, wie z.B. den inneren Organen, und peripheren Bereichen wie den Fingern. Den Zentren wird dabei die größere Bedeutung zugeschrieben, während die Peripherie als abhängig vom Zentrum angesehen wird. Die Schüler nutzten dieses Schema für ein Verständnis der Zellstruktur: Der Kern im Zentrum der Zelle ist der wichtigste Zellbestandteil, während alle anderen Bestandteile „drum herum formiert“ (Sarah) und vom Zellkern abhängig sind. Dementsprechend war eine Zelle für diese Lerner ohne Zellkern generell nicht lebensfähig. Und eben weil der Zellkern der wichtigste Bestandteil der Zelle und damit schützenswert ist, schrieben diese Schüler – wie an Lisas Zitat verdeutlicht – dem Zellplasma eine Schutzfunktion zu (*Schützendes Zellplasma*).

### Wachstum: Metaphorisches Verständnis der Lerner

In der kognitionslinguistischen Analyse des Wortes »Wachstum« zeigte sich, dass wir aufgrund unserer lebensweltlichen Erfahrungen mindestens drei verschiedene Bedeutungen mit diesem Wort verbinden (Riemeier & Groppengießer 2003):

a) »Größer werden«: Wenn Objekte wachsen, werden sie größer.

b) »Mehr werden«: Wenn Objekte wachsen, werden die Teile des Objekts vermehrt.  
c) »Reifer werden«: Wenn Objekte wachsen, reifen sie.

*„Wachsen heißt, es entwickelt sich, wird größer z.B. auch reifer.“ (Katja)*

*„Wachstum passiert durch Nährstoffe und Feuchtigkeit.[...] Wie Haare wachsen die Wurzeln der Zwiebel.“ (Karen)*

*„Eine Pflanze wird größer, indem die Zellen wachsen.“ (Anna)*

*„Eine Pflanze wird größer, indem die Zellen sich vervielfältigen.“ (Lena)*

*„Vielleicht veranlasst die Information, die im Zellkern drin ist, dass sich noch ein Zellkern bildet. Da ist ein Einzelkern und hier wächst noch einer. Das wird man vielleicht auf den Mikroskopierbildern sehen, dass da zwei Zellkerne [in der einen Zelle] drin sind.“ (Anna)*

Wie Katja und Karen beschrieben alle Lerner der Vermittlungsexperimente das Wachstum von Zwiebelwurzeln zunächst auf der Grundlage der Wachstumsschemata. Die Erfahrungen auf der makroskopischen Ebene waren die Basis, von der die Lerner bei ihren Erklärungen des Wachstums ausgingen. Erst mit einem Wechsel in die mikroskopische Ebene entstanden Verständnisschwierigkeiten, die die Schüler durch die imaginative Übertragung der lebensweltlichen Wachstumsschemata auf die Zelle für sich auflösten (Tab. 3). Hierdurch konnten Vorstellungen entwickeln werden, die dem biologischen Verständnis nicht entsprechen. Wie das Zitat von Anna zeigt, kann die imaginative Übertragung des Wachstumsschemas »Größer werden« zu der Vorstellung führen, dass Lebewesen allein durch die Vergrößerung einzelner Zellen wachsen. Alle Lerner der Vermittlungsexperimente äußerten weiterhin Vorstellungen, die in Erfahrungen mit dem Wachstumsschema »Mehr werden« gründen. So stellten sich nach der Verknüpfung mit der zellulären Ebene alle befragten Schüler vor, dass ein Lebewesen durch

die Vermehrung der Zellen wächst (Konzept: Wachstum durch Zellvermehrung). Wie Anna übertrug manche Lerner dieses Schema auch auf die Ebene des Zellkerns und stellten sich vor, dass sich der Zellkern vor der Zellteilung verdoppelt (Zwei Zellkerne). Die Übertragung des Schemas »Reifer werden« führte zu einer Vorstellung von Zellen, nach denen ihnen Alterungs- und Reifungsprozesse zugeordnet werden.

### Zellteilung: Metaphorisches Verständnis der Lerner

Das Lernerverständnis von der Zellteilung war häufig durch lebensweltliche Erfahrungen zum Wort »Teilung« strukturiert. Mit der kognitions-linguistischen Analyse konnten mindestens

vier verschiedene Bedeutungen des Wortes »Teilung« identifiziert werden (Riemeier & Gropengießer 2003):

- Teilt man z.B. einen Kuchen, ist die Anzahl der Kuchenstücke nach der Teilung größer als vorher. Teilung bedeutet in diesem Fall ein »Mehr werden« der Stücke.
- Die entstandenen Teile sind hierbei kleiner als der ungeteilte Kuchen. Dementsprechend bedeutet Teilung auch ein »Kleiner werden«.
- Die lebensweltliche Erfahrung der Aufteilung einer Menge wie z.B. einer Tüte Bonbons impliziert die Vorstellung »Weniger werden«. Die Anzahl der Süßigkeiten einer Portion ist nach der Teilung weniger als diejenige der Gesamtmenge.

Konzept		Verständnis	Datenquelle
Name	Beschreibung		
<i>Wachstum durch Zellvergrößerung</i>	Lebewesen wachsen durch Vergrößerung der Zellen.	WACHSTUM IST »GRÖßER WERDEN«	Vexp., M
<i>Wachstum durch Zellvermehrung</i>	Lebewesen wachsen durch Vervielfachung der Zellen.	WACHSTUM IST »MEHR WERDEN«	Vexp., M
<i>Wachstum durch Gewebeherstellung</i>	Lebewesen wachsen durch Herstellung von neuem Gewebe, das bereits vorhandenem zugesetzt wird.		Vexp.
<i>Zwei Zellkerne</i>	Der Zellkern verdoppelt sich vor der Zellteilung, sodass Zellen mit zwei Zellkernen existieren.		Vexp.
<i>Verdopplung des Erbmaterials</i>	Das Erbmaterial wird vor der Zellteilung verdoppelt.		Vexp.
<i>Kopieren von Zelle und Zellkern</i>	Wenn Lebewesen wachsen, kopieren sich die Zellen und deren Zellkern.		Vexp.
<i>Fortpflanzung durch Ansammlung</i>	Bakterienzellen vermehren sich durch Ansammlung von Zellen oder durch ein Zusammensetzen irgendwelcher Stoffe.		M
<i>Zellen als Fraktale</i>	Zwiebelhaut besteht aus kleinen Zwiebeln.		M
<i>Lebewesen reifen</i>	Wenn Lebewesen wachsen, werden sie reifer, sie entwickeln sich.	WACHSTUM IST »REIFER WERDEN«	Vexp.
<i>Lebenslauf der Zelle</i>	Zellen durchlaufen Entwicklungsstufen. Sie werden geboren, wachsen, altern und sterben.	WACHSTUM IST »REIFER WERDEN«	M

Tab. 3: Metaphorisches Verständnis vom Wachstum (Vexp.=Vermittlungsexperimente, M=Metaanalyse)

- d) Und schließlich können wir unter einer Teilung auch ein »Kaputt gehen« verstehen, nämlich dann, wenn Teilung das Zerteilen eines Gegenstandes wie einer Tasse bedeutet. Wir sehen die Tasse nach der Teilung als kaputt an.

„Die Vermehrung oder Anhäufung der Zellen kann passieren durch Zellteilung“. (Lisa)  
 „Zellteilung sieht man doch immer bei diesen Filmen in Sexualkunde. Dann ist da eine Zelle, dann teilt sie sich, dann sind das zwei, dann teilen sie sich noch mal, dann sind es vier, und dann teilen teilt sie sich noch mal, dann sind es acht und irgendwann haben sie sich so oft geteilt, dass da ein Baby entsteht.“ (Sarah)

„Der Zellkern teilt sich in zwei Hälften. Und auf beiden Seiten ist das Gleiche vorhanden“. (Markus)

„Wenn sich so eine Zelle teilen würde? Dann einfach hier in der Mitte [der Zelle] [...] dann hätte [nur] der eine Teil der Zelle den Zellkern [...]“. (Katja)

„Ich würde mal sagen, dass die zwei entstandenen Zellen sich nach dem Wachsen voneinander trennen“. (Felix)

Die Lerner übertrugen die Bedeutungen von der Teilung im unterschiedlichem Maße auf die zelluläre Ebene (Tab. 4). Der Bedeutung »Mehr werden« können drei verschiedene Lernerkonzepte zugeordnet werden. So konnten sich Schüler ein Wachstum von Lebewesen durch Teilung der Zellen vorstellen. Wie Lisa und Sarah benannten sie ihre Vorstellung zwar

mit dem Fachwort »Zellteilung«, jedoch entsprach die Vorstellung nicht dem fachwissenschaftlichen Verständnis des Wachstums durch Zellteilung, da ein Primärwachstum der Zellen vor einer erneuten Teilung nicht berücksichtigt wurde. Wie die Zitate von Markus und Katja zeigen, konnte das Teilungsschema »Mehr werden« auch auf die Kernebene übertragen werden, wodurch Vorstellungen im Sinne des Konzepts *Geteilter Zellkern* oder *Ungleiche Zellkernverteilung* verfügbar wurden (Tab. 4). Basierend auf der Erfahrung »Weniger werden« beim Teilen stellten sich einige Schüler vor, dass sich der Chromosomensatz in der Zelle jeweils halbiert (Konzept: *Chromosomenanzahl schwankt*, Tab. 4)

Weder in der Metaanalyse noch in den Vermittlungsexperimenten konnten Lerneräußerungen von der Zellteilung erfasst werden, die den Bedeutungen »Kleiner werden« oder »Kaputt gehen« zuzuordnen sind. In den Schülerzeichnungen zur Zellteilung, die in den Vermittlungsexperimenten angefertigt wurden, zeichneten die Lerner die entstandenen Zellen dagegen jeweils kleiner als die Ausgangszelle (Abb. 2).

Darüber hinaus stellten sich manche Schüler wie Felix vor, dass sich die Zellen nach der Teilung trennen (*Zelltrennung nach Teilung*) und dass sich die Zellen dann wieder zu einem Gewebe verbinden (*Zellen verbinden sich*). Diese Konzepte wurden der Denkfigur *Teilen ist trennen zugeordnet* (Tab. 4). Vor dem Hintergrund der kognitionslinguistischen Analyse ist diese Denkfigur ein Element aller dargestellten Teilungsschemata, da wir Teilung lebensweltlich als eine Trennung oder Aufspaltung der entstandenen Teile erfahren.

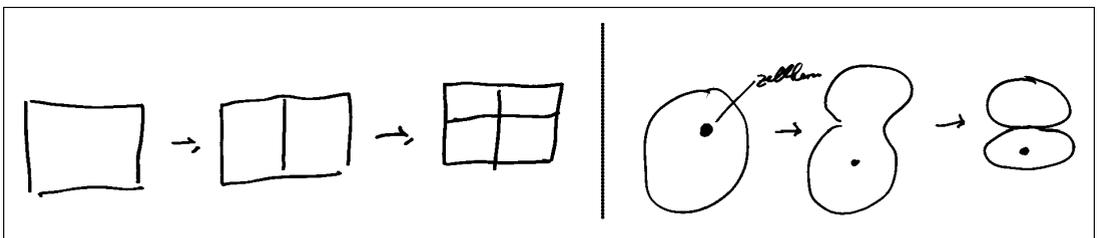


Abb. 2: Schülerzeichnungen von der Zellteilung

Konzept		Verständnis	Datenquelle
Name	Beschreibung		
<i>Wachstum durch Teilung der Zellen</i>	Lebewesen wachsen durch Teilung der Zellen.	TEILEN IST »MEHR WERDEN«	Vexp., M
<i>Geteilter Zellkern</i>	Der Zellkern teilt sich bei der Zellteilung, sodass die entstehenden Zellen nur eine Hälfte erhalten.		Vexp.
<i>Ungleiche Zellkernverteilung</i>	Zellen teilen sich mittig, sodass Zellhälften mit und ohne Zellkern entstehen.		Vexp.
<i>Chromosomenanzahl schwankt</i>	Bei der Zellteilung halbiert sich die Anzahl der Chromosomen.	TEILEN IST »WENIGER WERDEN«	M
<i>Zelltrennung nach Teilung</i>	Die entstandenen Zellen trennen sich nach der Teilung vollständig voneinander.	Teilen ist Trennen	Vexp.
<i>Zellverbindung nach Trennung</i>	Die nach der Zellteilung getrennt voneinander vorliegenden Zellen verbinden sich anschließend.		Vexp.

Tab. 4: Metaphorisches Verständnis von der Zellteilung (Vexp.=Vermittlungsexperimente, M=Metaanalyse)



Abb. 3: Schülerzeichnungen von der Zelle

#### Wissenschaftsorientiertes Verständnis:

Wie oben dargestellt, gründen weite Teile des Lernerverständnisses im Bereich der Zelltheorie auf die Übertragung von Vorstellungen aus einem lebensweltlichen Ursprungsbereich in den Zielbereich Zelle. Darüber hinaus konnten Lernervorstellungen erfasst werden, die der Kategorie »wissenschaftsorientierte Vorstellungen« zugewiesen werden können, d.h. die aus der Kombination von lebensweltlichen und fachwissenschaftlichen Vorstellungen erwachsen. Beispielsweise stellten sich alle Lerner der Vermittlungsexperimente vor, dass Zellen immer mikroskopisch klein und dementsprechend mit bloßem Auge nicht sichtbar sind (*Mikroskopisch kleine Zellen*, Tab. 5). Begründen lässt sich diese Vorstellung durch eine einseitige Erfahrung mit Zellen. Im Schulun-

terricht werden Zellen vor allem mithilfe des Mikroskops erfahren. Unberücksichtigt bleiben häufig zelluläre Strukturen, die ohne Hilfsmittel erkennbar sind (z.B. Eizelle des Hühnerreis oder auch Baumwollfasern). Schüler erfahren also nur die »Kleinheit« der Zellen, wodurch die oben beschriebene Vorstellung entwickelt werden kann. Im Zusammenhang mit der Zellgröße wurde deutlich, dass einige Lerner die verschiedenen Komplexitätsebenen biologischer Organisation nicht voneinander unterscheiden können (Konzept: *Zellen sind unklar groß*). Häufig konnten sie die verschiedenen Ebenen benennen, vermischten jedoch die Organisationsstufen miteinander, da sie keine klaren Größendimensionen damit verbanden. Weiterhin fiel es Lernern häufig schwer, Zellen zeichnerisch darzustellen (*Darstellungsschwie-*

rigkeiten, Tab. 5). Viele zeichneten Zellen ohne zellspezifische Formen, stattdessen mithilfe von Kreisen, ovalen oder gekrümmten Linien (Abb. 3). Hervorzuheben ist hierbei, dass die Lerner der Vermittlungsexperimente die Termini „(Zell)Wand“ und „(Zell)Membran“ häufig synonym verwendeten. Des Weiteren konnte innerhalb der Vermittlungsexperimente das Konzept *Uniforme Zellen* erfasst werden, d.h. einige Schüler stellten sich vor, dass alle Zellen gleich gestaltet sind. Auch diese Vorstellung kann durch eine mangelnde Erfahrung mit verschiedenen Zellformen eines Individuums bzw. verschiedener Individuen begründet werden.

**6 Diskussion**

In der vorliegenden Untersuchung konnten empirische Befunde zu Lernervorstellungen im Bereich der Zelltheorie zusammengefasst und auf der Grundlage einer Theorie des Verstehens erklärt werden. Hierbei zeigte sich, dass zunächst sehr heterogen erscheinende Einzelergebnisse auf ähnlichen Erfahrungen aus der Lebenswelt gründen. Die Übertragung dieser Erfahrungen auf die zelluläre Ebene wird von Lernern unterschiedlicher Länder in ähnlicher Weise genutzt, um ein Verständnis im Mikrokosmos zu erreichen. Daneben wurden in den Vermittlungsexperimenten Lernervorstellungen experimentell erfasst, wodurch die Untersuchung einen Beitrag zur Vorstellungs-

forschung bei deutschen Schülern leistet. Das theoriegeleitete Vorgehen ermöglichte über die bloße Erfassung der Vorstellung hinaus ein tief gehendes Verständnis über die Genese der individuellen Vorstellungen. Dadurch war eine Unterscheidung in direktes und metaphorisches Verständnis möglich. Dies bedeutete auch, dass die Erfahrungen, in die die jeweiligen Vorstellungen gründen, identifiziert und daraus resultierende Lernschwierigkeiten der Schüler erkannt werden konnten. Grundlage hierfür war die kognitionslinguistische Analyse zentraler Wörtern wie »Zelle«, »Wachstum« und »Teilung«. Dadurch wurde verstanden, welche Vorstellungen bei Lernern verfügbar sein können, wenn die entsprechenden sprachlichen Ausdrücke genutzt werden. Beispielsweise wurde erst durch die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens deutlich, dass aufgrund unserer lebensweltlichen Erfahrungen verschiedene Bedeutungen des Wortes »Teilung« existieren, die auf die zelluläre Ebene übertragen und zu verschiedenen Vorstellungen vom Wachstum durch Zellteilung führen können. Diese Erkenntnisse stellen die Basis für ein theoriegeleitetes Vorgehen in Vermittlungssituationen dar (Riemeier 2005).

Beim Vergleich der Lernervorstellungen aus der Metaanalyse und der Vermittlungsexperimente fällt auf, dass einige Konzepte jeweils nur in einem Untersuchungsteil erhoben werden konnten. Folgende Aspekte können zur

Konzept		Datenquelle
Name	Beschreibung	
<i>Zellen sind unklar groß</i>	Die Organisationsebenen werden undifferenziert verwendet.	Vexp., M
<i>Darstellungsschwierigkeiten</i>	Die Darstellung von Zellen erfolgt ohne zellspezifische Formen, stattdessen mithilfe von Kreisen, ovalen oder gekrümmten Linien.	Vexp., M
<i>Mikroskopisch kleine Zellen</i>	Zellen können nur mit einem Mikroskop gesehen werden.	Vexp.
<i>Uniforme Zelle</i>	Zellen eines oder verschiedener Individuen sind gleichartig.	Vexp.
<i>Zellplasma ist Flüssigkeit</i>	Das Zellplasma ist eine Flüssigkeit.	Vexp.

Tab. 5: Wissenschaftsorientierte Lernervorstellungen von der Zelle (Vexp.=Vermittlungsexperimente, M=Metaanalyse)

Erklärung dieses Ergebnisses herangezogen werden:

- a) Kontextabhängigkeit: In den Vermittlungsexperimenten wurde das Wachstum von Zwiebelwurzeln als thematischer Schwerpunkt gewählt. Es ist möglich, dass die Konzepte, die nur in der Metaanalyse erfasst wurden, innerhalb dieses Kontextes nicht verfügbar sind. Ein Indiz für die kontextabhängige Aktivierung von Vorstellungen ergibt sich auch in Bezug auf das Teilungsschema »Kleiner werden«: Innerhalb der Vermittlungsexperimente wurden verbal keine Vorstellungen geäußert, die dieser Bedeutung zugeordnet werden können. In den Schülerzeichnungen zur Zellteilung wurden die entstandenen Zellen jedoch jeweils kleiner gezeichnet als die Ausgangszelle (Abb. 2). Gestützt wird dieses Ergebnis durch eine qualitative Untersuchung zu den Lernervorstellungen von der Zellteilung (Jonas, Riemer & Krüger 2004). Auch hier zeigten die Schülerzeichnungen das Teilungsschema »Kleiner werden«. Innerhalb einer Bewertung, bei der die Teilungsschemata mit den eigenen Vorstellungen von der Teilung verglichen werden mussten, stuften die Schüler das »Kleiner werden« jedoch als nicht mit der eigenen Vorstellung vereinbar ein. Offensichtlich wird diese Bedeutung der Teilung im Kontext der Zellteilung nicht bewusst mitgedacht bzw. verbalisiert und muss in Vermittlungssituationen ins Bewusstsein gerückt werden.
- b) Kulturabhängigkeit: In der Metaanalyse wurde größtenteils auf internationale Primärerhebungen zurückgegriffen, da zu den Lernervorstellungen im Bereich der Zelltheorie kaum empirische Untersuchungen aus Deutschland vorliegen. Einige Vorstellungen aus der Metaanalyse könnten demnach in länder- oder kulturtypischen Erfahrungen gründen.

- c) Fehlende Sättigung: Die Anzahl der ausgewerteten Vermittlungsexperimente könnte für eine Sättigung der Datenaufnahme nicht ausreichend sein. Dies bedeutet, dass weitere Vermittlungsexperimente durchgeführt werden müssten, damit die in der Metaanalyse erfassten Vorstellungen auch in der Laborsituation geäußert werden. Grundsätzlich kann diese Begründung nicht ausgeschlossen werden. Jedoch ist entgegen zu halten, dass mehr Vermittlungsexperimente durchgeführt worden sind als in dieser Untersuchung ausgewertet wurden. Auch in diesen Interviewsituationen konnten die betreffenden Konzepte nicht identifiziert werden. Des Weiteren konnten in den Vermittlungsexperimenten sehr viel mehr Vorstellungen identifiziert werden als in der Metaanalyse. Weiterhin werden einige Vorstellungen aus den Vermittlungsexperimenten ebenfalls in aktuellen Untersuchungen anderer Autoren erhoben. So konnte innerhalb der Vermittlungsexperimente mit dem Konzept *Uniforme Zellen* eine Vorstellung erfasst werden, die auch in der Untersuchung von Flores (2003) deutlich wurde. Und auch Hesse (2002) erfasste die synonyme Verwendung der Fachwörter »Zellwand« und »Zellmembran«. Insgesamt kann die Wahrscheinlichkeit von einer Sättigung der Datenaufnahme also als groß eingeschätzt werden.

Hinsichtlich des Biologieunterrichts können Lehrkräfte ihr Wissen zu Lernervorstellungen im Bereich der Zelltheorie mithilfe der Ergebnisse erweitern, wodurch eine schülerorientierte Planung und Durchführung der Unterrichtsstunden ermöglicht wird. So können mithilfe der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens nahezu alle Konzepte auf der Ebene von Schemata und Denkfiguren zusammengefasst werden. Dadurch wird eine überschaubare und in Vermittlungssituationen handhabbare Anzahl von Vorstellungen zusammen getragen.

## Literatur

- Bossert, U. (2002). Die räumliche Zellstruktur. *Praxis der Naturwissenschaften Biologie* 51(7)
- Brinschwitz, T. (2002). Lernervorstellungen von Zellen. Eine Re-Analyse der Befunde empirischer Erhebungen. In Vogt, H. & Retzlaff-Fürst, C. (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. Universitätsdruckerei Rostock, 27-40
- Díaz de Bustamante, J. & Jiménez Aleixandre, M. P. (1993). Drawing and Slicing Cells. *Comunicación presentada en el 3<sup>rd</sup> International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University, Draft
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10<sup>th</sup> graders: Curricular expectations an reality. *International Journal of Science Education* 10(2), 221 – 229
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), 905-926
- Duit, R. (2004). Bibliography – STCSE. Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> (Letzter Zugriff: 16.03.04)
- Flores, F., Tovar, M.E. & Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal of Science Education* 25 (2), 269-286
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), 867 – 888
- Gropengießer, H. (1999). Was die Sprache über unsere Vorstellungen sagt. Kognitionslinguistische Analyse als Methode zur Erfassung von Vorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5(2), 57-77
- Gropengießer, H. (2003). Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. *Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion Band 4*, Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- Hackling, M. & Treagust, D. (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
- Hesse, M. (2002). Nur geringes Wissen über Zellbiologie. In Vogt, H. & Hesse, M. (Hrsg.), *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster* 11, 21-33
- Hilge, C. (1999). Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zu Mikroorganismen und mikrobiellen Prozessen – ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion. *Didaktisches Zentrum*, Oldenburg: Carl v. Ossietzky Universität
- Jonas, C., Riemeier, T. & Krüger, D. (2004). Häufigkeiten von Lernervorstellungen zur Zellteilung – Präsenz, Präferenz, Prominenz. In Vogt, H., Urhahne, D., Krüger, D. & Harms, U. (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (2000). *Principles of neural science*. New York: The McGraw-Hill Companies
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3(3), 3-18
- Katu, N., Lunetta, V. & Van den Berg, E. (1993). Teaching experiment methodology. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, New York.
- Klauer, K. J. (2001). Forschungsmethoden der Pädagogischen Psychologie. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Verlag, 75-98
- Knippels, M.C.P.J. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy. Utrecht: CD- Press.
- Kronberger, N. (1999). Schwarzes Loch und Dornröschenschlaf – eine Metaphernanalyse von Alltagsvorstellungen der Depression. *Psychotherapie und Sozialwissenschaften* 1 (2), 85-104
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The University of Chicago Press
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh*. New York: Basic Book
- Lakoff, G. (1987): *Women, Fire and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. Chicago, London: The University of Chicago Press
- Lewis, J. & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education* 22(2), 177 – 195
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000). Chromosomes: the missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education* 34(4), 189-199

- Marbach-Ad, G. & Stavy, R. (2000). Students's cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education* 34(4), 200-205
- Mayring, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz Verlag
- Posner, M.I. & Raichle, M.E. (1996). *Bilder des Geistes: Hirnforscher auf den Wegen des Denkens*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum, Akad. Verlag
- Reinman-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Verlag, 603-646
- Riemeier, T. & Gropengießer, H. (2003). Auf dem Prüfstand: Didaktisch rekonstruierte Lernangebote zur Zelle. In Vogt, H. et al. (Hrsg.), *Lehr-Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 2. Studienverlag
- Riemeier, T. (2005): *Biologie verstehen: Die Zelltheorie*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion Band 7, Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- Schaefer, G. (1979). Concept Formation in Biology: The Concept »Growth«. *European Journal of Science Education*, 1(1), 87-101
- Steffe, L.P. (1983). The teaching experiment methodology in a constructivist research program. In Zweng, M., Green, T., Kilpatrick, J., Pollak, H. & Suydam, M. (eds), *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education*, Boston: Birkhäuser, 469-471.
- Strike, K.A. & Posner, G.J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In Duschl, R.A. & Hamilton, R.J. (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*, New York: State University of New York Press, 147-176
- Verhoeff, R.P. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education*. Utrecht: CD-R Press
- Wilbers, J. & Duit, R. (2001). Untersuchungen zur Mikrostruktur des analogischen Denkens in Teaching Experiments. In Aufschnaiter, S. von, Welzel, M. (Hrsg.), *Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann
- Zamora, S. E. & Guerra, M. (1993). Misconceptions about cells. 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, New York: Cornell University

Tanja Riemeier ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Biologiedidaktik an der Universität Hannover.