

Erfassung von Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung mit dem Own-Word-Mapping Verfahren¹

Tanja Brinschwitz², Karola Greguhn² & Dirk Krüger³

Kurzfassung

In dieser Studie wurde das Own-Word-Mapping (OWM) im Biologieunterricht mit 75 Schülern dreier 9. Realschulklassen zur Erhebung von Schülervorstellungen von der Zelle und der Zellteilung eingesetzt. Das OWM stellt ein geeignetes Verfahren zur Erhebung von Schülervorstellungen für Forschungszwecke dar. Aus 27% aller OW-Maps konnten 20 Konzepte zum Thema identifiziert werden, von denen 17 bereits aus anderen Untersuchungen bekannt waren. Zusätzlich wurden drei neue Konzepte zur Zelle und der Zellteilung gefunden. Berücksichtigt man, dass jeweils nur Abschnitte der Verknüpfungsketten in den OW-Maps ausgewertet werden konnten, stellt das hier genutzte OWM wohl kein effizientes Verfahren dar, um ein Sprechen über Vorstellungen zur Zelle und Zellteilung im Unterricht anzuregen. Im untersuchten Fall erwiesen sich mikroskopische Aufnahmen von Zellen gegenüber Schemazeichnungen als wesentlich günstigere Anfangs- und Zielbilder, um spezifische und fachnahe Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung bei den Schülern anzuregen.

Keywords: Own-Word-Mapping, Zelle, Empirie

1 Einleitung

Lernervorstellungen decken sich oftmals nicht mit den fachwissenschaftlichen Konzepten. Diese Diskrepanz zwischen Alltagswissen und fachlichen Bezügen muss Schülern im Vermittlungsprozess deutlich werden, damit eine kontextbezogene und dauerhafte Nutzung beider Vorstellungswelten erreicht werden kann. Insofern spielen Lernervorstellungen bei der didaktischen Erarbeit-

¹ Eingereicht am 6.10.03, überarbeitet zum 5.11.03, angenommen am 5.11.03.

² Universität Hannover, Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften, Biologiedidaktik

³ Freie Universität Berlin, Institut für Biologie, Biologiedidaktik

ung von Lerninhalten eine bedeutende Rolle. Häufig überdauern die nicht-fachwissenschaftlichen Konzepte, wir sprechen von lebensweltlichen oder erfahrungsbasierten Vorstellungen (LAKOFF 1987), auch nach Vermittlungsversuchen fachwissenschaftlicher Konzepte im Unterricht. Einerseits liegt dies daran, dass die Darstellung fachbezogenen Wissens nie die Eindeutigkeit erreicht, die man in der Fachsprache gerne erreichen möchte (KATTMANN 1993). Andererseits werden wohl die Bedingungen, um Vorstellungsänderungen zu erreichen, nicht geschaffen (POSNER & STRIKE 1992).

Vorstellungen sind subjektive und kognitive Prozesse, die nicht einfach weitergegeben werden können (GROPENGIEßER 2003). Dies bedingt, dass Vorstellungen nicht direkt erfassbar sondern nur über Zeichen wie Sprache oder Bilder für Forschungszwecke zugänglich sind. Von der sprachlichen Ebene kann auf das Denken der Lerner geschlossen werden. Jede Aussage über den Forschungsgegenstand „Vorstellungen“ ist damit eine Interpretation der erfassten Zeichen.

Für die biologiedidaktische Forschung stellt das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN et al. 1997) einen Forschungsrahmen zur Entwicklung von effektiven Vermittlungswegen im Biologieunterricht bereit. In einem rekursiven Verfahren werden wissenschaftliche Vorstellungen und Lernervorstellungen mit dem Ziel in Beziehung gesetzt, Leitideen zur Strukturierung von Vermittlungssituationen zu formulieren. Die Arbeiten im Rahmen dieses Modells haben bei dem Thema „Zelle und Zellteilung“ recht umfangreiche Daten zu Lernervorstellungen hervorgebracht (BRINSCHWITZ 2002). Außerdem liegen evaluierte didaktisch rekonstruierte Lernangebote vor (BRINSCHWITZ im Druck; BRINSCHWITZ & GROPENGIEßER 2003). Damit ist es in diesem Themenbereich möglich, empirisch abgesicherte Voraussagen zu treffen, welche Lernangebote zum Vorstellungswandel in Richtung fachwissenschaftlich orientierten Vorstellungen führen können.

Insgesamt wäre es für die fachdidaktische Forschung und für die Schulpraxis sehr hilfreich, auf eine zeitökonomische Methode zur Erfassung der Lernervorstellungen zurückgreifen zu können. In der Forschung sind teilstrukturierte Interviews oder teaching experiments unter Videobeobachtung häufig eingesetzte Erhebungsmethoden. Die Auswertung des Datenmaterials mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2003) beinhaltet lang dauernde Transkriptions- und Auswertungsschritte. Dagegen wird nun in

dieser Untersuchung ein Verfahren vorgestellt, das für die Forschung und für die Praxis eine Alternative bieten könnte: das Own-Word-Mapping (OWM) (SUMFLETH & TIEMANN 2000). Das OWM ist eine Methode, die in der forschenden Chemiedidaktik bereits im Umfeld von Redoxsystemen mit Erfolg zur Anwendung gekommen ist (SUMFLETH & TIEMANN 2000, 2002). Sie ist eine an das Concept Mapping-Verfahren (NOVAK 1972, FISCHLER & PEUCKERT 2000) angelehnte Methode, die aber insbesondere durch die Wahl eigener Begriffe den Probanden eine größere Freizügigkeit bei der Entwicklung von Vorstellungen überlässt. Untersuchungsgegenstand dieser Methode sind demnach Vorstellungen. Diese werden interpretativ über schriftliche Aufzeichnungen der Schüler erschlossen.

Die hier vorgestellte Untersuchung dient der Beurteilung des OWM zur Erhebung von Schülervorstellungen von der Zelltheorie. Die gesicherten Forschungsergebnisse im Bereich der Vorstellungsforschung von der Zelle und der Zellteilung dienen dabei als Maßstab, um die Qualität des OWM beim Einsatz in diesem Forschungsfeld beurteilen zu können. Gleichzeitig wäre zu prüfen, ob das OWM ein praktikables Verfahren für den Unterricht darstellt, mit dem es gelingt, leicht, transparent und präzise an die Vorstellungen der Schüler zu gelangen. Dies kann einmal in Informationsabsicht für den Lehrer geschehen, aber auch in Selbsterkenntnisabsicht für Diskussionszwecke unter den Schülern.

2 Der theoretische Rahmen

Innerhalb der Untersuchung wird das Lernen im Sinne eines moderaten Konstruktivismus als ein aktiver Prozess des Lerners angesehen, wobei es zur Entwicklung, Veränderung oder Reorganisation von Vorstellungen kommt (GERSTENMAIER & MANDL 1995). Ausgangspunkt des Lernens sind Vorstellungen der Lerner, die sich aufgrund vielfältiger Erfahrungen bereits vor dem eigentlichen Lernprozess gebildet haben.

Unter Vorstellungen verstehen wir kognitive Prozesse, die subjektiv und in letzter Konsequenz individuell sind. Diese werden der gedanklichen Ebene zugeordnet. Vorstellungen können sozial geteilt werden, wozu sie auf der sprachlichen Ebene über Zeichen wie Sprache oder Bilder ausgedrückt werden.

Gedankliche und sprachliche Ebene, also Vorstellung und ihr Ausdruck in Zeichen, beziehen sich auf den Referenten, also den Gegenstand, das Objekt, die Sache oder das Ereignis, auf das sich die Vorstellung bezieht (GROPENGEIßER 2003). In dieser Untersuchung stellt die biologische Zelle den Referenten dar; die dazu gehörenden Lernervorstellungen entsprechen der gedanklichen und die schriftlichen Ausführungen der Lerner der sprachlichen Ebene. Die Unterscheidung dieser drei Ebenen bedingt, dass Vorstellungen niemals direkt weitergegeben, aufgenommen oder auch empirisch erfasst werden können. Nur der sprachliche Bereich bietet einen Zugang für fachdidaktische Zwecke, d.h. von den Zeichen wird interpretativ auf die individuellen Vorstellungen geschlossen. Gleichzeitig geben die Didaktiker zur Untersuchung ihres Forschungsgegenstandes Zeichen vor, die die Lerner wiederum individuell zur Konstruktion eigener Vorstellungen nutzen. In dieser Untersuchung werden beispielsweise Bilder vorgegeben, von denen ausgehend Lernervorstellungen konstruiert werden. Zugänglich werden diese Vorstellungen durch die schriftlichen Ausführungen in den Concept-Maps, d.h. wiederum als Zeichen. Die Forscher entwickeln hierzu Vorstellungen über das Denken der Lerner.

Innerhalb der Vorstellungen können verschiedene Komplexitätsebenen unterschieden werden (GROPENGEIßER 2001). Die einfachsten Elemente von Vorstellungen sind Begriffe. Im Gegensatz zu Wörtern oder Termini als bloße sprachliche Zeichen für Referenten werden Begriffe somit dem gedanklichen Bereich zugeordnet. Den Begriffen folgen in steigender Komplexität Vorstellungen auf der Ebene von Konzepten, Denkfiguren und Theorien (GROPENGEIßER 2001). In der folgenden Untersuchung werden Daten auf der Ebene der Begriffe, der Konzepte und Denkfiguren erfasst.

Die Schülervorstellungen werden in der Untersuchung mit Hilfe der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens analysiert und kategorisiert (LAKOFF & JOHNSON 1980, GROPENGEIßER 2003). Diese Theorie des Verstehens sieht die Erfahrungen, die wir in der sozialen und physischen Umwelt machen, als zentral für die Entwicklung von Verständnis an. Die Autoren unterscheiden Ursprungsbereiche, in denen wir Erfahrungen machen und unsere Vorstellungen entwickeln, von so genannten Zielbereichen. In letzteren haben wir keinerlei Erfahrungen, jedoch erlangen wir ein Verständnis durch die Übertragung der erfahrungsbasierten Vorstellungen in diese Zielbereiche. Beim Lernen sprechen manche beispielsweise von einem „Hineinstopfen“ oder beim

Angebot besonders interessanter Ideen von „Den Lernern Futter geben“. Solche Metaphern bilden auf der Basis früher Erfahrungen mit dem Essen und den Erfahrungen mit Behältern ein metaphorisches Konzept, wie hier zum Lernen. Mit der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens kann also Sinn an die Lernervorstellungen herantragen und mögliche Quellen der Vorstellungen identifiziert werden.

Fachwissenschaftlicher Gegenstand dieser Arbeit ist die Zelltheorie als eine der bedeutenden Theorien der Biologie. Ihre Aussagen stellen die Basis für ein Verständnis jeder Art der Fortpflanzung sowie für das Wachstum und die Regeneration vielzelliger Organismen dar.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- ➔ Welche Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung äußern Schüler beim OWM?
- ➔ Eignet sich das OWM zur Erhebung von Schülervorstellungen für Forschungs- und Entdeckungszusammenhänge?
- ➔ Unterscheidet sich die Qualität der OW-Maps in Abhängigkeit der Anfangs- und Zielbilder als Schemazeichnungen oder mikroskopische Aufnahmen von Zellen?

Hieraus ergeben sich folgende Hypothesen:

- Das OWM ist eine geeignete Methode zur Erfassung von Schülervorstellungen für die Forschung.
- Die OW-Maps stellen eine geeignete Grundlage zur Erfassung der Schülervorstellungen im Unterricht dar.
- Die Qualität von Anfangs- und Zielbild hat einen Einfluss auf die Bereichsspezifität der Begriffe, die in den OW-Maps verwendet werden.

4 Forschungsmethode und Untersuchungsdesign

Die Erhebung von Schülervorstellungen von der Zelle und der Zellteilung erfolgt in dieser Untersuchung mit Hilfe der Methode des OWM (SUMFLETH & TIEMANN 2000). Auf einem DinA4-Blatt im Querformat werden zwei

Bilder zum Thema Zelle und Zellteilung vorgegeben, ein Anfangsbild links oben und ein Zielbild rechts unten (Abb. 1). Im ersten Schritt schreiben die Schüler zum Anfangsbild möglichst viele Assoziationen auf. Von einem dieser Begriffe aus sollen dann im zweiten Schritt vorwärts gerichtet Wortsequenzen gebildet werden, die inhaltlich zum Zielbild hinführen. Dabei wird jedes Wort durch einen Pfeil mit dem nachfolgenden verbunden und die Verknüpfung chronologisch nummeriert. Ziel ist es, eine möglichst lange Wortkette zwischen Anfangsbild und Zielbild herzustellen. Anschließend kommentieren die Schüler die chronologisch nummerierten Beziehungen zwischen den Begriffen mit kurzen Erläuterungen. Die Formulierung der Erläuterungen bietet weitreichende Einblicke in die Beziehungen zwischen den schriftlich dargestellten Worten und den damit verbundenen Vorstellungen auf der Ebene von Begriffen, Konzepten und sogar Denkfiguren.

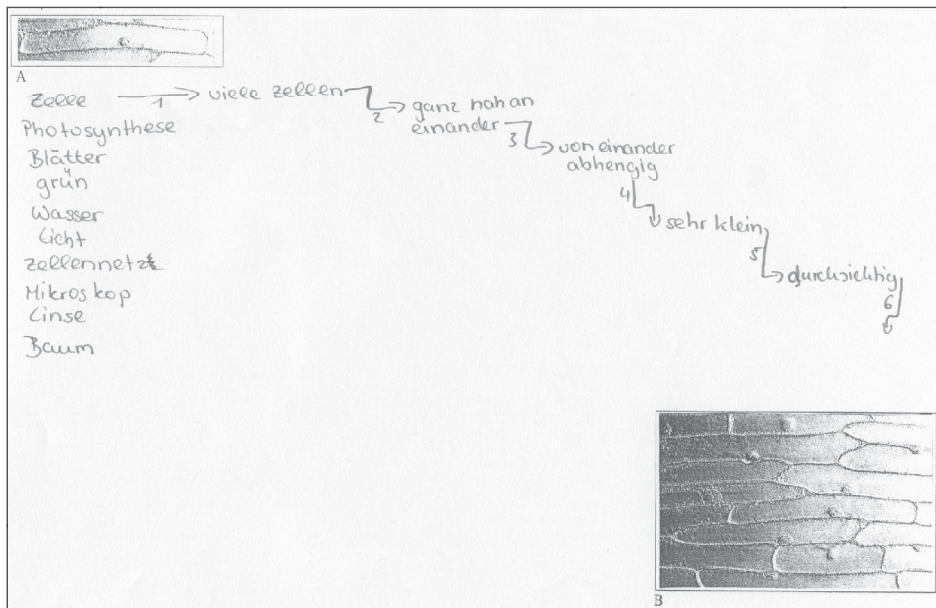


Abb. 1: OW-Map eines Schülers mit mikroskopischen Aufnahmen, Startwort ist das erste Wort „Zelle“

hingewiesen, dass die Verknüpfungen nur dem Konstrukteur des Maps logisch erscheinen und nicht den Erwartungen der Lehrenden entsprechen müssten.

Die Untersuchung wurde in drei 9. Klassen einer deutschen Realschule in jeweils einer Doppelstunde durchgeführt. Es nahmen insgesamt 75 Schüler teil. 22 Schülern (Gruppe I) wurden Schemazeichnungen (Abb. 2), 53 Schülern (Gruppe II) alternativ mikroskopische Aufnahmen (Abb. 3) von Zellen in den Maps angeboten. In vier der 53 OW-Maps mit mikroskopischen Aufnahmen wurden keine Verknüpfungen hergestellt, weshalb nur noch 49 OW-Maps mit mikroskopischen Aufnahmen in die Untersuchung einbezogen wurden (Box 1).

Abb. 2: Anfangs (A)- und Zielbild (B) der OW Maps mit Schemazeichnung

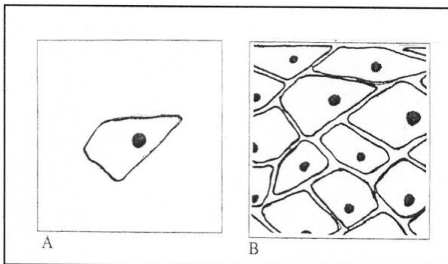
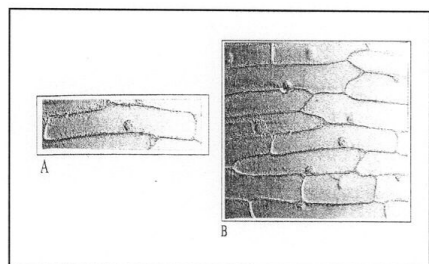


Abb. 3: Anfangs (A)- und Zielbild (B) der OW-Maps mit mikroskopischen Aufnahmen



5 Ergebnisse

5.1 Wort- bzw. Begriffskategorisierungen

Zur Auswertung wurden die von den Schülern benutzten Wörter in den OW-Maps in drei Klassen eingeteilt. Die Bezeichnungen der Kategorien erfolgt in Anlehnung an SUMFLETH & TIEMANN (2000). Dabei wurden die Wörter auf der Begriffsebene kategorisiert, wenn die Vorstellungen der Schüler durch ihre Erläuterungen in den Verknüpfungsketten interpretierbar waren:

- spezifische Wörter bzw. Begriffe, die im engen fachlichen Zusammenhang mit der Zelle und Zellteilung stehen (s. Bsp. Tab. 2), fortan kurz als *spezifische* Wörter bzw. Begriffe bezeichnet,
- nicht-spezifische, aber biologisch bedeutsame Wörter bzw. Begriffe, die zwar aus dem Bereich der Biologie entstammen, aber nur entfernt

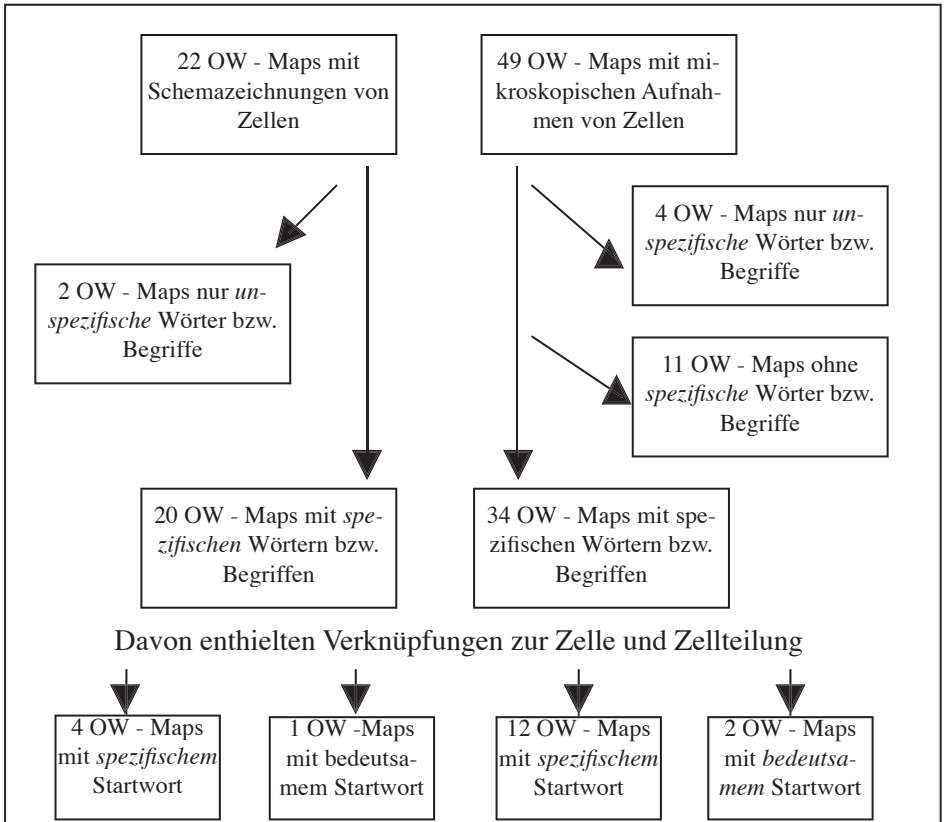
mit der Zelle und Zellteilung zusammen hängen (s. Bsp. Tab. 2), fortan kurz als *bedeutsame* Wörter bzw. Begriffe bezeichnet,

- unspezifische Wörter bzw. Begriffe, die keine Beziehung zu biologischen Themen noch zur Zelle und Zellteilung erkennen lassen (s. Bsp. Tab. 2), fortan kurz als *unspezifische* Wörter bzw. Begriffe bezeichnet.

Unter den 22 OW-Maps mit Schemazeichnungen wurden in 2 Maps ausnahmslos *unspezifische* Wörter bzw. Begriffe benutzt (Box 1). In den 49 OW-Maps mit mikroskopischen Aufnahmen verwendeten 4 Schüler nur *unspezifische* und 11 nur *unspezifische* und *bedeutsame* Wörter bzw. Begriffe (Box 1). In all diesen OW-Maps konnten keine Verknüpfungen entdeckt werden, die Vorstellungen von der Zelle oder der Zellteilung ausdrückten. In einem Teil der verbleibenden 20 bzw. 34 OW-Maps konnten Verknüpfungen identifiziert werden, die Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung enthielten. Dies traf für 5 der 20 OW-Maps mit Schemazeichnungen und für 14 der 34 OW-Maps mit mikroskopischen Aufnahmen zu (Box 1).

In den 71 OW-Maps wurden in unterschiedlicher Häufigkeit *spezifische*, *bedeutsame* und insbesondere bei den Schemazeichnungen *unspezifische* Wörter bzw. Begriffe benutzt (Tab. 1). In der Benutzung von *spezifischen* und *bedeutsamen* Wörtern bzw. Begriffen unterschieden sich die zwei Gruppen bezüglich der ausgewählten Bilder nicht signifikant voneinander. Der Wechsel zu den mikroskopischen Aufnahmen führte aber in den OW-Maps zu einer signifikant geringeren Verwendung von *unspezifischen* Wörtern bzw. Begriffen (von 17,4 auf 6,4 pro Schüler, Tab. 1).

Die Analyse aller Startwörter in den 71 OW-Maps (Tab. 2) zeigt, dass in den 19 Maps, aus denen Verknüpfungen ausgewertet wurden, nur *spezifische* oder *bedeutsame* Startwörter auftraten (Tab. 2). Bei der Zuordnung der Startwörter zu den Kategorien *unspezifische* oder *bedeutsame* Wörter wurde nicht nur das isolierte Wort betrachtet, sondern auch der Kontext, in dem alle zum Anfangsbild assoziierten Wörter standen, für die Einordnung berücksichtigt.



Box 1: Zuordnung der 71 OW - Maps zu verschiedenen Kategorien

Tab. 1: Anzahl (Mittelwert (\bar{x}) \pm Standardabweichung (s)) der benutzten Wörter bzw. Begriffe in den 71 OW - Maps

		Gesamtanzahl benutzter Wörter bzw. Begriffe	<i>spezifische</i> Wörter bzw. <i>Begriffe</i>	<i>bedeutsame</i> Wörter bzw. <i>Begriffe</i>	<i>unspezifische</i> Wörter bzw. <i>Begriffe</i>
Mittelwert (\bar{x}) \pm Standardabweichung (s)					
Gruppen	Schüler	\bar{x} s	\bar{x} s	\bar{x} s	\bar{x} s
Schemazeichnungen	22	23,8 \pm 8,4	3,2 \pm 2,8	3,2 \pm 3,3	17,4 \pm 7,9
mikroskopische Aufnahmen	49	14,4 \pm 6,6	3,4 \pm 3,5	4,2 \pm 3,3	6,4 \pm 6,1

Tab. 2: Anzahl der Schüler, die *spezifische*, *bedeutsame* und *unspezifische* Startwörter in 71 OW-Maps wählten. In Klammern die Anzahl der Schüler der 19 OW-Maps, aus denen Verknüpfungen ausgewertet werden konnten. Ein Schüler benutzte drei, drei Schüler benutzen zwei Startwörter.

Verwendetes Startwort					
<i>spezifisch</i>		<i>bedeutsam</i>		<i>unspezifisch</i>	
Startwort	Schüler	Startwort	Schüler	Startwort	Schüler
Zelle	23 (13)	Blatt	3 (1)	Stein	2
Bakterie	2 (1)	Lebewesen	2 (1)	Spiegelei	2
Einzeller	3 (1)	Bläschen	1 (1)	Hühner	1
Zellkern	1 (1)	Baum(teil)	4	Pizza	1
Mikroskop	4	Haut	2	abstrakte Kunst	1
Gewebe	1	Körper	2	Punkte	1
Wachstum	1	Holz	2	Linien	1
Fortpflanzung	1	Holzrinde	1	lange Fäden	1
		Baumstamm	1	kleine Teile	1
		Baumrinde	1	kleine Hügel	1
		Pflanze	1	Parkett	1
		Natur	1	Pendel	1
		Mensch	1	Schule	1
		Kopf	1	Hart	1
		keine Farbe	1		

5.2 Verknüpfungen

Für die Erfassung der Schülervorstellungen von der Zelle und der Zellteilung konnten 19 der insgesamt 71 OW-Maps (27%) herangezogen werden. Dabei wurden in allen 19 OW-Maps lediglich Abschnitte der vollständigen Verknüpfungsketten zwischen dem Anfangs- und dem Zielbild ausgewertet, eben diejenigen, die bedeutungsvolle Beziehungen von der Zelle und Zellteilung enthielten (Box 1, Tab. 2).

In der Gesamtzahl aller Verknüpfungen in den 19 OW-Maps gab es signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe I mit Schemazeichnungen (\emptyset 16,6 Verknüpfungen pro Schüler, Tab. 3) und der Gruppe II mit mikroskopischen Aufnahmen (\emptyset 6,8 Verknüpfungen pro Schüler, Tab. 3). Dabei korrelierte eine hohe Anzahl ausgewerteter Verknüpfungen in den Maps signifikant mit einer hohen Anzahl von *spezifischen* Startwörtern und hochsignifikant mit einer hohen Anzahl von *spezifischen* Wörtern bzw. Begriffen in den OW-Maps insgesamt. In Gruppe I (Schemazeichnungen) enthielten im Mittel nur 4,6 von 16,6 Verknüpfungen bedeutungsvolle Beziehungen von der Zelle und Zellteilung. Es wurden also viele Verknüpfungen zwischen *unspezifischen* Begriffen hergestellt. Andererseits enthielt in den 14 OW-Maps der Gruppe II (mikroskopische Aufnahmen) ein relativ hoher Anteil von Verknüpfungen (im Mittel 4,6 von 6,8; Tab. 3) bedeutungsvolle Beziehungen von der Zelle und Zellteilung. Im Sinne der Untersuchung erwies sich die Entscheidung, von den Schemazeichnungen zu den mikroskopischen Aufnahmen zu wechseln, als ein Vorteil. Gerade durch diesen Wechsel ging der Anteil an Verknüpfungen zwischen *unspezifischen* Begriffen deutlich zurück und vergrößerte damit den Anteil von Verknüpfungen, denen das didaktische Interesse im Zusammenhang mit dieser Arbeit galt.

Tab. 3: Anzahl (Mittelwert (\emptyset) \pm Standardabweichung (s)) der Verknüpfungen in den 19 OW-Maps, aus denen Verknüpfungen ausgewertet werden konnten.

Gruppe	Schüler	Gesamtzahl aller Verknüpfungen		Bedeutungsvolle Verknüpfungen zur Zelle und Zellteilung	
		\emptyset	s	\emptyset	s
I Schemazeichnungen	5	16,6	\pm 9,2	4,6	\pm 3,5
II mikroskopische Aufnahmen	14	6,8	\pm 3,7	4,6	\pm 3,0

Insgesamt blieb allerdings der Wechsel der Anfangs- und Zielbilder von Schemazeichnungen auf mikroskopische Aufnahmen ohne einen signifikanten Einfluss auf den prozentualen Anteil der OW-Maps, aus denen Verknüpfungen zur Auswertung von Vorstellungen genutzt werden konnten (Schemazeichnungen $5/22=23\%$, mikroskopische Aufnahmen $14/49=29\%$).

1. **Wachstum durch Zellvergrößerung:** Wachstum von Geweben oder vielzelligen Organismen ist ein »Größer Werden« von (Körper-)Zellen.
2. **Wachstum durch Zellvermehrung:** Lebewesen wachsen durch Vervielfachung der Zellen.
3. **Zellen reifen:** Wenn Lebewesen wachsen, werden sie reifer und entwickeln sich.
4. **Wachstum ist an Bedingungen geknüpft:** Wachstum setzt bestimmte Dinge voraus.
5. **Wachstum durch Teilung der Zellen:** Lebewesen wachsen, indem sich die Zellen teilen.
6. **Zelltrennung nach Teilung:** Die entstandenen Zellen trennen sich nach der Zellteilung vollständig voneinander.
7. **Zellen sind Helfer:** Zellen helfen neue Zellen zu bilden.
8. **Zellbesitz:** Der Körper hat oder besitzt Zellen, das heißt, der Körper ist unabhängig von den Zellen und produziert diese, anstatt aus ihnen zu bestehen.
9. **Elementareinheit Zelle:** Lebewesen bestehen aus vielen Zellen.
10. **Lebenslauf der Zelle:** Zellen durchlaufen die Entwicklungsstufen Kindheit, Jugend und Erwachsenenalter. Sie werden geboren, wachsen, altern und sterben.
11. **Kontrollierte Zellen:** Es besteht eine übergeordnete Kontrolle der Zellen durch das Gehirn oder eine Überwachung der Zellfunktionen durch den Kern. Zellen wachsen oder vervielfältigen sich gleichzeitig und ordnen sich in eine Struktur ein.
12. **Zellen bekommen Nachwuchs:** Zwei Zellen müssen zusammentreffen, um Zellvermehrung zu erreichen
13. **Mikroskopisch kleine Zellen:** Zellen können nicht mit bloßem Auge, sondern nur mithilfe des Mikroskops gesehen werden.
14. **Polyforme Zellen:** Die Zellen eines Individuums unterscheiden sich nach Größe, Form und Farbe.
15. **Zellbestandteile:** Die Zelle besteht aus dem Zellkern, der Zellwand und dem Zellplasma.
16. **Zellkern als Informationsspeicher:** Der Zellkern speichert Informationen.
17. **Wachstum durch Zellteilung:** Lebewesen wachsen im Rhythmus von Teilung und Wachstum von Zellen.

Box 2: Die 17 bereits bekannten Konzepte in den 19 OW - Maps (BRINSCHWITZ 2002, im Druck; BRINSCHWITZ & GROPENGEIßER 2003; DREYFUS & JUNGWIRT 1988, 1989; LEWIS et al. 2000; ZAMORA & GUERRA 1993)

N1. Zellen verbinden sich:	Solitäre Zellen verbinden sich zu einer größeren Einheit (Gewebe, Zelle).
N2. Überleben im Zellverband:	Zellen können alleine nicht überleben und sind auf andere Zellen angewiesen.
N3. Zellen machen:	Zellen werden gemacht.

Box 3: Die drei neuen Konzepte in den 19 OW - Maps

Tab. 4: Konzepte und ihre Zuordnung zu Denkfiguren. **B:** BRINSCHWITZ 2002, im Druck; BRINSCHWITZ & GROPEGIEßER 2003; **L₁:** ZAMORA & GUERRA 1993; **L₂:** LEWIS et al. 2000; **L₃:** DREYFUS & JUNGWIRTH 1988, 1989; **N:** diese Arbeit.

Denkfigur	Konzept	Quelle
Wachstum ist Größer werden	<i>Wachstum durch Zellvergrößerung</i>	L ₁ /B
Wachstum ist Mehr werden	<i>Wachstum durch Zellvermehrung</i>	B
Wachstum ist Reifer werden	<i>Zellen reifen</i>	B
Wachstum ist abhängig	<i>Wachstum ist an Bedingungen geknüpft</i>	B
Teilen ist Mehr werden	<i>Wachstum durch Teilung der Zellen</i>	B
Teilen ist Trennen	<i>Zelltrennung nach Teilung</i>	B
	<i>Zellen verbinden sich</i>	N
Zellen sind Körperteile	<i>Zellen sind Helfer</i>	L ₁ /B
	<i>Überleben im Zellverband</i>	N
	<i>Zellbesitz</i>	L ₁ /B
	<i>Elementareinheit Zelle</i>	B
Personifizierung	<i>Lebenslauf der Zelle</i>	L _{1/2}
	<i>Kontrollierte Zellen</i>	L _{1/3}
	<i>Zellen machen</i>	N
	<i>Zellen bekommen Nachwuchs</i>	L ₁ /B
Zellen haben ein Aussehen	<i>Mikroskopisch kleine Zellen</i>	B
	<i>Polyforme Zellen</i>	B
	<i>Zellbestandteile</i>	B
Zellen entsprechen Behältern	<i>Zellkern als Informationsspeicher</i>	B
Teilen ist Mehr werden und Wachstum ist Größer werden	<i>Wachstum durch Zellteilung</i>	B/L _{1/2/3}

5.3 Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung

In den 19 OW-Maps konnten in den Verknüpfungen zwischen Anfangs- und Zielbild insgesamt 20 verschiedene Konzepte von der Zelltheorie identifiziert werden. Dabei waren 17 Konzepte aus früheren Untersuchungen (BRINSCHWITZ 2002, im Druck) bereits bekannt (Box 2).

Insgesamt konnten drei neue Konzepte entdeckt werden, die in den benannten Erhebungen bisher noch nicht identifiziert wurden (Box 3).

Im Rahmen der erfahrungsbasierten Theorie des Verstehens (LAKOFF 1987) wurden die neuen Konzepte auf ihren metaphorischen Gehalt hin untersucht. Dabei konnten sie bereits bekannten Denkfiguren zugeordnet werden. Eine Zuordnung der 20 Konzepte zu Denkfiguren wird in Tabelle 4 dargestellt.

6 Diskussion

Es war die Hypothese aufgestellt worden, dass das OWM eine geeignete Methode zur Erfassung von Schülervorstellungen für die Forschung ist. Die Hypothese kann mit den identifizierten 20 Konzepten in dieser Untersuchung als vorläufig bestätigt gelten. Die Schüler äußerten in 27% der OW-Maps Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung. Dies ist für Forschungszwecke durchaus befriedigend, weil durch eine Erhöhung der Probandenzahlen problemlos eine für eine Auswertung aussagekräftige Population erreicht werden kann. Vergleicht man die identifizierten Konzepte mit den bereits bekannten Konzepten von der Zelle und der Zellteilung (BRINSCHWITZ 2002, im Druck), dann wurden mit dem OWM ein großer Teil wesentlicher Vorstellungen wieder entdeckt. Das OWM stellt damit eine grundsätzlich geeignete Methode zur Erhebung von Schülervorstellungen in Forschungszusammenhängen dar.

Die Auswertung der OW-Maps war deutlich zeitökonomischer als Interviews. Nach der Identifikation und Transkription der Verknüpfungen waren drei Personen parallel in zwei Durchläufen mit der Interpretation und Aufstellung der Konzepte für alle 19 Maps beschäftigt. Dieser Aufwand war insgesamt erheblich geringer, als er zur Auswertung von Interviews notwendig ist. Allerdings ist die Interpretation der auf diesem Wege identifizierten neuen Konzepte sicherlich weniger zuverlässig, als es ihre Beurteilung durch Interviews – mit der Möglichkeit nachzufragen – erlauben würde. Zum Beispiel drückt das Konzept Zellen machen eine sehr allgemeine Vorstellung zur Zelltheorie aus, die mit

dieser Methode nicht spezifiziert werden konnte. Das OWM stellt insofern keinen Ersatz für Interviews dar. Es bietet sich vielmehr als Ergänzung dann an, wenn eine ökonomische Orientierungshilfe zur Strukturierung weiterer Untersuchungen erforderlich wird.

Für den Einsatz von OW-Maps im Unterricht zur Anregung eines Gesprächs über Vorstellungen stellt sich die Situation anders dar. Selbst in einer großen Klasse mit 30 Schülern wären bei den gewählten Bildern nur 8 Maps zu erwarten, die auswertbare Anteile enthalten würden. Berücksichtigt man, dass außerdem nur Abschnitte der Verknüpfungsketten in den OW-Maps wesentliche spezifische Vorstellungen enthielten, ergibt dies eine relativ geringe Dichte verwertbarer Anregungen für den Unterricht. Damit erscheint dieses Verfahren mit den gewählten Abbildungen nicht besonders gut geeignet, ein Sprechen über die gewünschten Vorstellungen von der Zelle und der Zellteilung im Unterricht anzuregen. Andere Verfahren wie Kartenabfragen könnten hier prägnantere Einstiege erlauben.

Es hat sich gezeigt, dass die genutzten mikroskopischen Aufnahmen als Anfangs- und Zielbilder wesentlich gezielter biologische Vorstellungen bei den Schülern ansprachen, als dies die Schemazeichnungen taten. Dies hängt damit zusammen, dass die Schemazeichnungen Assoziation aus verschiedenen Lebensbereichen wachriefen (z.B. Spiegeleier), während die mikroskopischen Aufnahmen, wenn auch nicht von allen Schülern als Zellen erkannt, mit einem biologischen Kontext verbunden wurden. Trotz der spezifischeren Assoziationen zum Anfangsbild wurde mit dem Wechsel der bildlichen Darstellung von Schemazeichnungen zu mikroskopischen Aufnahmen der Anteil auswertbarer Verknüpfungen in den Maps nicht signifikant positiv erhöht. Es wurde zwar ein biologischer Bereich angesprochen und auch in diesem signifikant häufiger Beziehungen konstruiert, dies hatte aber nicht zur Folge, dass mehr Vorstellungen zur Zelle und Zellteilung geäußert wurden. Es wäre also grundsätzlich noch zu testen, ob mit anderen bildlichen Darstellungen, zum Beispiel einer auskeimende Zwiebelwurzel in verschiedenen Stadien, mit höherer Wahrscheinlichkeit Vorstellungen zur Zelle und Zellteilung wachgerufen werden.

In dieser Arbeit wurden mit der Methode des OWM 17 bekannte Konzepte und drei neue Konzepte identifiziert. Erwartungsgemäß wiederholten sich einzelne Konzepte und Denkfiguren in den Vorstellungen von Schülern gleichen Alters, wobei oftmals aus Erfahrungen mit dem eigenen Körper oder aus der

Umwelt der Lernenden in ein metaphorisches Denken bezüglich der Zelle und ihren Prozessen wie Teilung und Wachstum transformiert wurde. Hierbei kann es gerade dann zu Lernhindernissen kommen, wenn sich die Vorstellungen nicht mit den fachwissenschaftlichen Konzepten decken. Das metaphorische Konstrukt „Teilen ist Trennen“ stimmt beispielsweise nicht mit den fachwissenschaftlichen Vorstellungen von Zellteilung überein. Seinen Ursprung hat diese Vorstellung aus einem lebensweltlichen Zusammenhang, nämlich der Erfahrung des Teilens. Diese Erfahrung beim Teilen macht man zum Beispiel beim Teilen von Schokolade, wobei einzelne Stücke oder Riegel abgetrennt werden. Bei der Zellteilung bleiben zumindest bei vielzelligen Organismen sich teilende Zellen in der Regel verbunden. Die Schüler allerdings deuten mit den Konzepten „Zelltrennung nach Teilung“ und „Zellen verbinden sich“ auf diesen lebensweltlichen Trennungsprozess hin und müssen zur Erklärung der Entstehung vielzelliger Organe einen Verbindungsprozess postulieren.

Im Sinne der didaktischen Rekonstruktion können nun diese Lernervorstellungen berücksichtigt und bei der didaktischen Strukturierung die Lerninhalte dahingehend modifiziert werden, dass Fachwissen an die Lernervorstellungen anknüpfend vermittelt wird. Im konkreten Fall könnte dies heißen, Beispiele zu nennen, bei denen entsprechende Teilungsprozesse ihre biologische Berechtigung besitzen. Dies wäre bei den einzelligen und Bakterien möglich. Einzeller teilen, trennen und „vereinigen“ („Zellen machen“) sich ganz so, wie sich das die Schüler für vielzellige Lebewesen und deren Organe auch vorstellen. Eine Gegenüberstellung der Zellteilung bei Mikroben und Vielzellern könnte die verschiedenen Vorstellungen kontrastieren helfen und zur Entwicklung eines fachwissenschaftlichen Verständnis beitragen.

Literatur

- BRINSCHWITZ, T. (2002): Lernervorstellungen von Zellen – Eine Re-Analyse der Befunde empirischer Erhebungen, 27-40. In: VOGT, H. & C. RETZLAFF-FÜRST (Hrsg.): Erkenntnisweg Biologiedidaktik. Beitr. der 4. Frühjahrsschule der Sekt. Biologiedidaktik im vdbiol, Rostock-Warnemünde. Universitätsdruckerei Rostock
- BRINSCHWITZ, T. (im Druck): Denkpfade von Lernen mit didaktisch rekonstruierten Lernangeboten. In VOGT, H., D. KRÜGER & U. UNTERBRUNER (Hrsg.): Erkenntnisweg Biologiedidaktik. Beitr. der 5. Frühjahrsschule der Sekt. Biologiedidaktik im vdbiol, Salzburg
- BRINSCHWITZ, T. & H. GROPEGNIEßER (2003): Auf dem Prüfstand: Didaktisch rekonstruierte Lernangebote zur Zelle. In: A. BAUR et al. (Hrsg.): Entwicklung von Wissen und Kompetenzen. Abstraktband zur Internat. Tagung der Sektion Biologiedidaktik im vdbiol, Berlin

- DREYFUS, A. & E. JUNGWIRTH (1988): The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *Int. J. Educ.*, Vol. **10**, NO. 2, 221–229
- DREYFUS, A. & E. JUNGWIRTH (1989): The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *J. of Biological Education* **23** (1), 49–55
- FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (2000): Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In: FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (Hrsg.) *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Studien zum Physik lernen; Bd 1.* Berlin: Logos Verl.
- GERSTENMAIER, J. & H. MANDL (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* **41** (6), 867 – 888
- GROPENGIEßER, H. (2001): Didaktische Rekonstruktion des Sehens. *Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung.* 2. überarb. Auflage. Oldenburg: ZpB Zentrum für pädagogische Berufspraxis
- GROPENGIEßER, H. (2003): Lebenswelten, Sprechwelten, Denkwelten. Wie man Schülervorstellungen verstehen kann. *Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 4, Didaktisches Zentrum Oldenburg*
- KATTMANN, U. (1993): Das Lernen von Namen, Begriffen und Konzepten – Grundlagen biologischer Terminologie am Beispiel »Zellenlehre«. *MNU* **46** (5), 275–285
- 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
- LAKOFF, G. & M. JOHNSON (1980): *Metaphors We Live By.* The University of Chicago Press, Chicago and London
- LAKOFF, G. (1987): *Women, Fire and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind.* The University of Chicago Press, Chicago and London
- LEWIS, J., J. LEACH & C. WOOD-ROBINSON (2000): Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *Internat. J. of Science Education* **22** (2), 177–195
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken,* Weinheim: Beltz
- NOVAK, J.D. (1972): Audio-tutorial techniques for individualized science instruction in the elementary school. In: TRIEZENBERG, H. (Ed.): *Individualized science: Like it is* (pp.14–30). Washington, DC: National Science Teacher Association
- POSNER, G. J. & K. A. STRIKE (1992): A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: DUSCHL, R. A. & R. J. HAMILTON (Eds.): *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise.* New York. State Univ. of New York Press, 147–176
- SUMFLETH, E. & R. TIEMANN (2000): Own Word Mapping – Ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In: FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Studien zum Physik lernen; Band 1.* Berlin: Logos Verlag
- SUMFLETH, E. & R. TIEMANN (2002): Schülervorstellungen im Umfeld von Batterie und Redox-Reaktion – Teil 1. *MNU* **55** (1), 47–53, Teil 2. *MNU* **5** (2), 104–108
- 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

Verfasser:

Tanja Brinschwitz, Universität Hannover, Doktorandin am Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften, Biologiedidaktik, Bismarckstr. 2, D-30173 Hannover; brinschwitz@erz.uni-hannover.de.

Karola Greguhn, Universität Hannover, Staatsexamenskandidatin am Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften, Biologiedidaktik, Bismarckstr. 2, D-30173 Hannover.

Juniorprofessor Dr. Dirk Krüger, Freie Universität Berlin, Institut für Biologie, Didaktik der Biologie, Schwendenerstr. 1, D-14195 Berlin; dkrueger@zedat.fu-berlin.de