

Gerfried Wiener<sup>1,2</sup>  
 Sascha Schmeling<sup>1</sup>  
 Martin Hopf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CERN, Genf  
<sup>2</sup>Universität Wien, AECC Physik

## Akzeptanzbefragung mit 12-Jährigen zum subatomaren Aufbau der Materie

### Theoretischer Hintergrund

Nicht nur in deutschsprachigen Ländern stellt sich aktuell die Problematik, wie man moderne Physik und im Speziellen Teilchenphysik im Physikunterricht einführt. In den meisten Ländern ist das Kapitel der modernen Physik einfach am Ende des jeweiligen Curriculums platziert - wenn überhaupt. Aber nachdem diese Kapitel die wesentlichen Grundlagen für ein fundamentales Verständnis der Natur bilden, könnte dies bereits viel zu spät sein. Um der Forderung nach verstärkter Einbindung der modernen Physik im Unterricht nachzukommen, wurde am CERN ein Unterrichtskonzept entwickelt, welches auf den fundamentalen Grundlagen der Teilchenphysik aufbaut.

Im Rahmen eines konstruktivistischen Verständnisses des Physikunterrichts ist dabei die Erforschung von Schülervorstellungen (students' conceptions) notwendig und stellt gleichzeitig eine stabile Basis für die Entwicklung von adäquaten Lernangeboten dar. Denn nur, wenn man bekannte Vorstellungen und Strukturen im Lehr- und Lernprozess berücksichtigt, können nicht nur Probleme durch Schülervorstellungen frühzeitig vermieden werden, sondern vor allem den Schülerinnen und Schülern ein verständliches und fachlich angemessenes Angebot zur Verfügung gestellt werden, aus welchem dann ein stringent konsistentes Wissen konstruiert werden kann (Duit, 1996; Duit & Treagust, 2003).

### Forschungsstand

Untersuchungen von Schülervorstellungen zum atomaren Modell der Materie finden ihren Ursprung in der Chemiedidaktik-Forschung ab den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts. Bereits seit den frühen Anfängen der Untersuchung von Schülervorstellungen bezüglich des atomaren Aufbaus von Materie konnte gezeigt werden, dass das Teilchenmodell vor allem zur Erklärung von Phänomenen von Gasen ausgeprägt ist (Pfundt, 1981; Novick & Nussbaum, 1981; Stavy, 1991). Allerdings verwenden nur wenige Schülerinnen und Schüler das Teilchenmodell im Allgemeinen von sich aus, um Phänomene und Vorgänge in der Physik zu erklären. Speziell bei der Erklärung von Alltagsphänomenen wird nur selten auf das Teilchenmodell als Hilfsmittel zurückgegriffen (Pfundt, 1981; Novick & Nussbaum, 1981; Stavy, 1991). Wird es jedoch als Erklärungsmöglichkeit angeboten, so akzeptieren es viele Schülerinnen und Schüler (Harrison & Treagust, 2000; Snir et al., 2003). Ebenso auffällig ist eine signifikante Altersabhängigkeit in Bezug auf die Akzeptanz des Teilchenmodells. Demgegenüber zeigen sich entwickelte Fehlvorstellungen zum atomaren Aufbau der Materie weitestgehend altersunabhängig (Novick & Nussbaum, 1981; Boz, 2006).

Basierend auf der Tatsache, dass Alltagserfahrungen eher eine Kontinuumsvorstellung denn eine Teilchenvorstellung der Materie nahelegen, lassen sich selbige auch in annähernd allen Studien zu Schülervorstellungen vom Aufbau der Materie unabhängig voneinander reproduzieren (Pfundt, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Harrison & Treagust, 1996; Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Boz, 2006; Ozmen, 2011). In vielen Untersuchungen zeigen sich zudem Vermischungen und Überlagerungen von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen (Pfundt, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Boz, 2006). Diese Fehlvorstellungen werden dazu auch noch durch irreführende oder falsche Illustrationen in Schulbüchern unterstützt. Hier sei als Beispiel das mit H<sub>2</sub>O-Molekülen gefüllte Wasserglas angeführt, in welchem über den 'Kügelchen' noch einen Wasserspiegel eingezeichnet wird (Andersson, 1990).

Selbst wenn das Teilchenmodell von Schülerinnen und Schülern akzeptiert wird, herrschen in der Regel aber nach wie vor mindestens zwei große Fehlvorstellungen vor: Die Annahme der Existenz von Teilchen beinhaltet nicht a priori das ständige In-Bewegung-Sein der Teilchen und geht auch nicht einher mit der Tatsache des hauptsächlich vorherrschenden leeren Raums zwischen den Teilchen. Dieser Aspekt wird nahezu nie reproduziert, geschweige denn ist er vorab als Vorstellung angelegt (Novick & Nussbaum, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Harrison & Treagust, 1996).

Man findet außerdem eine Reihe von Belegen, dass das Unterrichten des Teilchenmodells dazu führt, dass Schülerinnen und Schüler den Teilchen Eigenschaften der Dinge der gewohnten Welt zuordnen. Es findet ein automatisches Übertragen von Aspekten der makroskopischen Welt und von Erfahrungen der Lebenswelt auf die Welt der Teilchen statt (Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Boz, 2006; Ozmen, 2011).

### Unterrichtskonzept

Der Designprozess basiert auf den dokumentierten Schülervorstellungen. Prinzipiell erschwert die Abstraktheit der zu vermittelnden Inhalte die Entwicklung eines wissenschaftlich korrekten und gleichzeitig verständlichen Angebots. Im konkreten Fall wurde das Hauptaugenmerk auf den permanenten Modellcharakter gelegt, um anhand des Kapitels der Teilchenphysik die Schlüsselfähigkeit der Modellbildung (Mikelskis-Seifert & Fischler, 2003; Gilbert, 2004; Ornek, 2008) frühzeitig zu forcieren. Um der Aktivierung etwaiger Fehlvorstellungen vorzubeugen, lag der zusätzliche Fokus auf sprachlicher Exaktheit der verwendeten Formulierungen. Nachdem fälschliche Abbildungen und Illustrationen als bedeutende Fehlerquelle identifiziert wurden, kam der stringent typographischen Umsetzung von Illustrationen eine weitere zentrale Rolle zu.

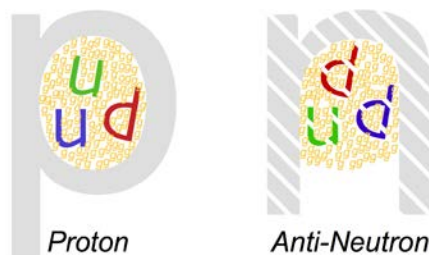


Abb. 1: Typographische Darstellung von Teilchensystemen

### Forschungsfrage & methodisches Vorgehen

Zur Bearbeitung der übergeordneten Forschungsfrage: „Inwiefern verstehen Jugendliche das Teilchenkonzept und können es zur Problemlösung verwenden?“ wurde auf die Methode der Akzeptanzbefragung nach Jung (1992) zurückgegriffen. Dieses Schema basiert auf Mikrolehrsitzungen, in denen in einer genau festgelegten Abfolge von Befragungsphasen lernförderliche und lernhinderliche Instruktionsbausteine ermittelt werden. Im ersten Schritt wird dem Probanden ein Informationsangebot dargeboten, dessen Plausibilität bewertet wird. Danach erfolgt eine Paraphrasierung „mit eigenen Worten“ und in weiterer Folge die Aufgabe, die neuen Inhalte auf konkrete Beispiele anzuwenden.

Das in Instruktionselemente umgesetzte Kapitel zum subatomaren Aufbau der Materie wurde im Zuge einer Testbefragung (n=4) in jeweils 40-minütigen Einzelsitzungen erstmals Schülerinnen und Schülern der 6. Schulstufe vorgelegt. Daraufhin wurde das Konzept geringfügig revidiert und modifiziert. Es folgte ein weiterer Befragungsblock (n=8) und nach einer erneuten, tiefgreifenden Adaptionsphase wurde das Konzept im Rahmen einer Hauptbefragung (n=8) erneut auf dessen Akzeptanz untersucht.

### Ergebnisse & Ausblick

Die Akzeptanzbefragungen wurden mittels strukturierender Inhaltsanalyse kategorienbasiert analysiert und ausgewertet (Mayring, 2010). Die Interraterübereinstimmung der beiden Kodierer lag bei  $\kappa = 0,725$ .

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Konzept nach zweimaliger Überarbeitung und erweiterten Modifizierungen auf breite Akzeptanz stieß. Die Mehrheit der in Form von Key Ideas formulierten Instruktionselemente wurde von allen Jugendlichen von Beginn an aufgegriffen. Integrale Kernelemente wie die typographische Umsetzung und sprachliche Exaktheit wurden positiv bewertet und als eindeutig lernförderlich erkannt. Vor allem konnte beobachtet werden, dass im Verlauf von zwei Testbefragungen zur Hauptbefragung die Nennung von bekannten Fehlvorstellungen minimiert wurde. Speziell ein Übertragen von alltäglichen Aspekten auf Teilchen wurde deutlich reduziert. Dennoch erwiesen sich bekannte Problemfelder wie zum Beispiel der leere Raum als persistent. Auch der permanente Modellcharakter wurde durchweg als wenig plausibel bewertet. Einen vielversprechenden Ansatz zur Lösung dieser Problematik könnte ein dem Konzept vorangestellter Unterricht über Modelle nach Mikelskis-Seifert & Fischler (2003) liefern.

Für zukünftige Schritte befindet sich eine erneute Forschungsphase bereits in Vorbereitung. Ziel ist es, die Akzeptanz des Konzepts in ähnlicher Form durch erfahrene Lehrpersonen untersuchen zu lassen, um zusätzlich eine Bewertung aus der Lehrerperspektive zu erheben.

### Literatur

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85
- Boz, Y. (2006). Turkish Pupils' Conceptions of the Particulate Nature of Matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 203-213
- Duit, R. (1996). The constructivist view in science education – what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 40-75
- Duit R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688
- Gilbert, J. (2004). Models and modelling: routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509-534
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381
- Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Ed.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: IPN, 278-295
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim: Beltz
- Mikelskis-Seifert, S. & Fischler, H. (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen – Stand der Forschung und Entwurf einer Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 75-88
- Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 777-805
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. *Science Education*, 65, 187-19
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3 (2), 35 – 45
- Ozmen, H. (2011). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6, 99-121
- Pfundt, H. (1981). Das Atom - Letztes Teilungsstück oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. *chimica didactica*, 7, 75-94
- Renstroem, L. (1987). Pupils Conceptions of Matter. A phenomenographic approach. *Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"*, 3, 400-414
- Snir, J.; Smith, C. L. & Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education*, 87, 794-830
- Stavy, R. (1991). Children's Ideas about Matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244