

Moderne Physik im Unterricht: Forschungsdesign zur Didaktischen Rekonstruktion der Themen Granulare Materie und Strukturbildung

Joachim S. Haupt, Volkhard Nordmeier

Didaktik der Physik, Freie Universität Berlin, Arnimallee 14, 14195 Berlin
joachim.haupt@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

Kurzfassung

Um Inhalte und Themen aus der aktuellen physikalischen Forschung in den Schulunterricht zu holen, braucht es Elementarisierungen und didaktische Unterrichtskonzepte, die neue Erkenntnisse, Ansätze und Methoden der modernen Physik für diesen Zweck aufarbeiten. Als problematisch erweist sich dabei häufig die Komplexität oder Abstraktheit der Inhalte aus der aktuellen Forschung. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Didaktischen Rekonstruktion der Themenbereiche *Granulare Materie* und *Strukturbildung* wurden in einem ersten Schritt bereits Fachexpert_innen zum aktuellen Forschungsstand befragt. In einem zweiten Schritt werden Lehrer_innen zu vorhandenen Umsetzungsmöglichkeiten und Umsetzungsschwierigkeiten befragt. Darauf aufbauend sollen in einem weiteren Schritt exemplarisch sowohl Unterrichtsmedien als auch Konzepte entwickelt und erprobt werden. In diesem Beitrag wird das Forschungsdesign des Gesamtprojektes vorgestellt.

1. Thematische Verortung

Die Themen *Granulare Materie* und *Strukturbildung* lassen sich als Teilbereiche der sog. *nichtlinearen Physik* zuordnen. Da dieser Begriff aber schwer greifbar ist, sprechen wir im Folgenden von der *Physik komplexer Systeme* und stützen uns dabei auf die durch die Konferenz *Third Infinity* [1] vorgeschlagene Unterteilung aktueller physikalischer Forschung:

„Das Feld der Physik könnte heutzutage in drei Teilgebiete aufgeteilt werden:

- *unendlich groß* – Relativität und Astronomie

- *unendlich klein* – Quantenmechanik und Elementarteilchenphysik
- *unendlich komplex* – komplexe Systeme und Biophysik“¹

Mit dem dritten Teilgebiet, dem „unendlich Komplexen“ bzw. der Physik komplexer Systeme lässt sich die nichtlineare Physik gut beschreiben. Eine exakte

1 Eigene Übersetzung, engl. Original: „The field of Physics may be divided today in three sub-categories:
• infinitely big - relativity and astronomy
• infinitely small - quantum mechanics and particle physics
• infinitely complex - complex systems and biophysics“ [1]



Abb. 1: Physik komplexer Systeme – Überblick über das Themenfeld der *Nichtlinearen Physik* mit Beispielthemen

begriffliche Trennung oder Abgrenzung der Forschungsthemen im Bereich komplexer Systeme bleibt dennoch schwierig, da sie nicht scharf umrissen sind und sich teilweise gegenseitig einschließen. Die folgende Beschreibung, die bereits ähnlich bei Haupt & Nordmeier (2012) [2] zu finden ist, gibt eine grobe Einordnung:

- **Strukturbildung:** beschäftigt sich mit nichtlinearen dynamischen Systemen, die im Fließgleichgewicht oder fernab des thermodynamischen Gleichgewichts Strukturen ausbilden. (Dabei bezeichnet *Selbstorganisation* einen der Strukturbildung häufig zugrunde liegenden Mechanismus.)

- **Granulare Materie:** beschäftigt sich mit dem Verhalten von Materie-Vielteilchensystemen, deren Partikel in der Größenordnung über 1 μm liegen. Dabei kommen vorrangig mechanischen Effekte zum Tragen, aber keine quantenphysikalischen Effekte und nur bedingt thermodynamische.

In Abbildung 1 ist ein exemplarischer Überblick über die Themenbereiche dargestellt, auch in Abgrenzung zur sog. *Chaosphysik*.

2. Forschungsfragen

Das Gesamtprojekt orientiert sich an den folgenden zentralen Forschungsfragen:

- 1.) Was sind aktuelle Themen der Forschung zu Granularer Materie, Strukturbildung & Selbstorganisation?
- 2.) Wie kann man erreichen, dass neue Ideen in Schule Wirkung entfalten?
 - 2.a.) Gibt es einen Bedarf zur Aufbereitung dieser Themenbereiche für den Unterricht?
 - 2.b.) Was ist eine sinnvolle Art der didaktischen Aufbereitung?
 - 2.c.) Welches sind für den Unterricht geeignete Themen und Kontexte?

3. Meilensteine des Projektes und Forschungsdesign

In Bezug auf die gestellten Forschungsvorhaben folgt das Projekt den folgenden Teilschritten:

Zu 1.) Was sind aktuelle Themen der Forschung zu Granularer Materie, Strukturbildung & Selbstorganisation?

Zu Beginn des Projektes wurden zunächst die aktuellen Forschungsthemen im Bereich Granulare Materie und Strukturbildung erhoben. Dies geschah mittels einer Expertenbefragung mit 27 Expert_innen (im Wesentlichen Physikprofessor_innen), die Ergebnisse dieser Befragungen finden sich in Haupt & Nordmeier (2012) [2]. Ein (bisher noch nicht dargestelltes) Ergebnis dieser Expertenbefragung ist die thematische Vernetzung von möglichen Forschungsbereichen und Kontexten der beiden Themenbereiche (Abb. 2).

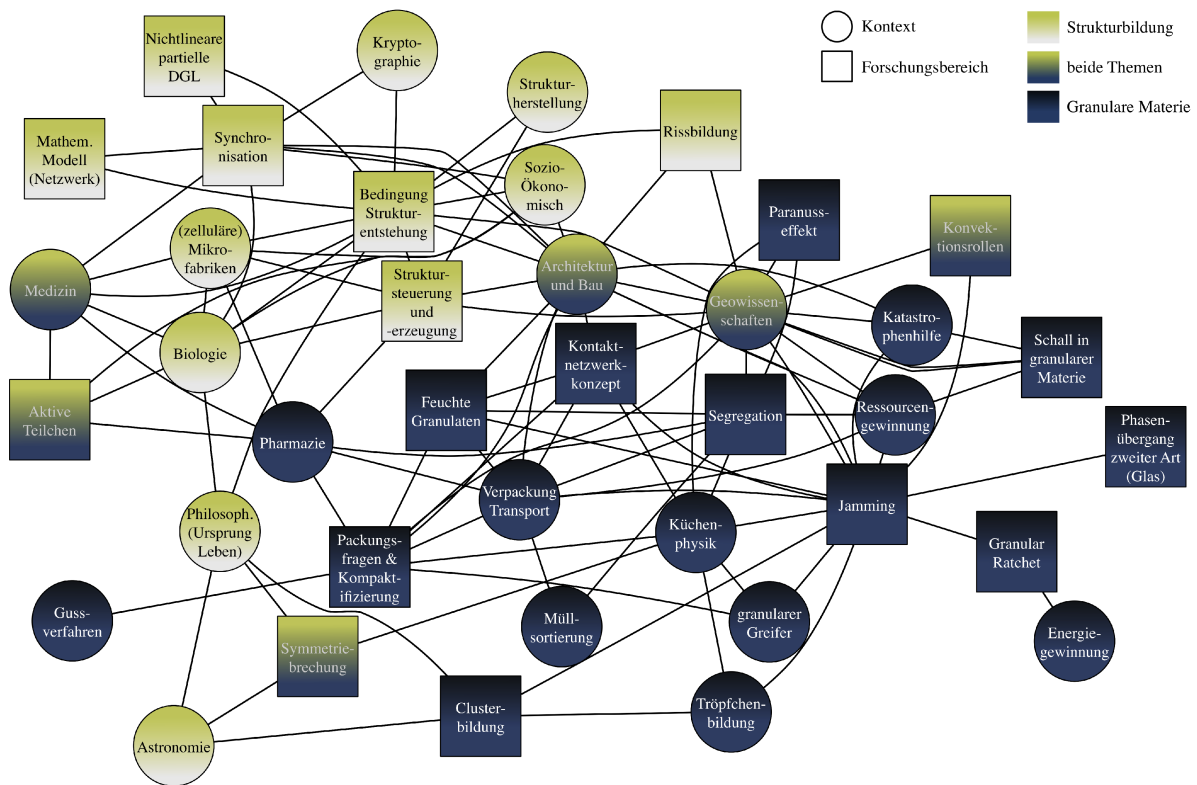


Abb. 2: Visualisierung der thematischen Vernetzung der Bereiche Granulare Materie und Strukturbildung (gewonnen durch eigene Analyse). Jede Verbindung bedeutet, dass es inhaltliche Überlappungen gibt und die Themen folglich vernetzt sind. Nähere Erläuterungen der einzelnen Kontexte und Forschungsbereich finden sich in Haupt & Nordmeier (2012) [2].

Zu 2.) *Wie kann man erreichen, dass neue Ideen in Schule Wirkung entfalten?*

Insgesamt wird eine Entwicklung und Erprobung der Unterrichtsmedien und -konzepte mit Hilfe einer Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997) [3] angestrebt. Abbildung 3 zeigt das Projekt-Design im Sinne der von uns erweiterten Didaktischen Rekonstruktion: Dabei werden sowohl eine Expertenbefragung auf Ebene der in den Fachgebieten Forschenden („Expertenperspektive“) als auch eine Lehrerbefragung („Lehrerperspektive“) durchgeführt. Dies hat u. E. den Vorteil, dass damit gleichzeitig Kontakte zu Personenkreisen und Institutionen geknüpft werden können, die unabdingbar sind für die nötigen Perspektivwechsel der Didaktischen Rekonstruktion (von der Forschungs- hin zur Schulphysik). Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (ebd.) werden die Experten- und vor allem die Lehrerperspektive nicht gesondert beachtet. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll dies aber geschehen, denn die Auswahl von Lehrinhalten und entsprechenden didaktischen Aufbereitungen wird in erster Linie a) durch den Rahmenlehrplan (RLP) und b) durch den/die unterrichtende/n Lehrer_innen vorgenommen. Da der RLP als solches schwer anpassbar ist, kommt der/dem Lehrer_in eine zentrale Rolle zu, um wirkungsvolle didaktische Entwicklungsarbeit zu betreiben. Geschieht dies nicht, besteht die Gefahr, dass am Bedarf und den schulischen Möglichkeiten sowie auch den Interessen der Lehrer_innen vorbei entwickelt wird. Daher werden die Lehrer_innen (und damit die beteiligten Schulen) später auch in den Prozess der Elementarisierung und Entwicklung von Unterrichtsmaterialien eingebunden.

Die vorangestellte Lehrerbefragung ist gleichzeitig mit einer Bedarfsanalyse verknüpft (vgl. Frage 2.a.). Damit wird das Projekt auch extern legitimiert. (Bei völligem Desinteresse seitens der Befragten oder falls keine Entwicklungsbedarf gesehen wird, könnte es ggf. sogar zu einem Abbruch des Vorhabens kommen, denn sonst würde das Ziel einer Verzahnung von fachdidaktischer Entwicklungsforschung und der praktischen Erprobung und Umsetzung an der Schule verfehlt.)

Der Frage 2.b. nach einer als sinnvoll erachteten Art der didaktischen Aufbereitung wird in Teilen ebenfalls durch die Lehrerbefragung nachgegangen. Dabei ist der Begriff *sinnvoll* in diesem Zusammenhang als eine Mischung aus dem „was attraktiv erscheint“ und dem „was real umgesetzt wird“ zu verstehen. Erst die späteren Erprobungen in realen (multiparametrischen) Lernsettings (z. B. in Schülerlaboren oder im Schulunterricht) wird zeigen, welche Konzepte sich letztlich umsetzen lassen. Im Rahmen der Lehrerbefragung werden Einschätzungen erhoben, indem verschiedene Optionen dargeboten und bei diesen jeweils die unterrichtliche Attraktivität und die reale Anwendungshäufigkeit erfragt werden.

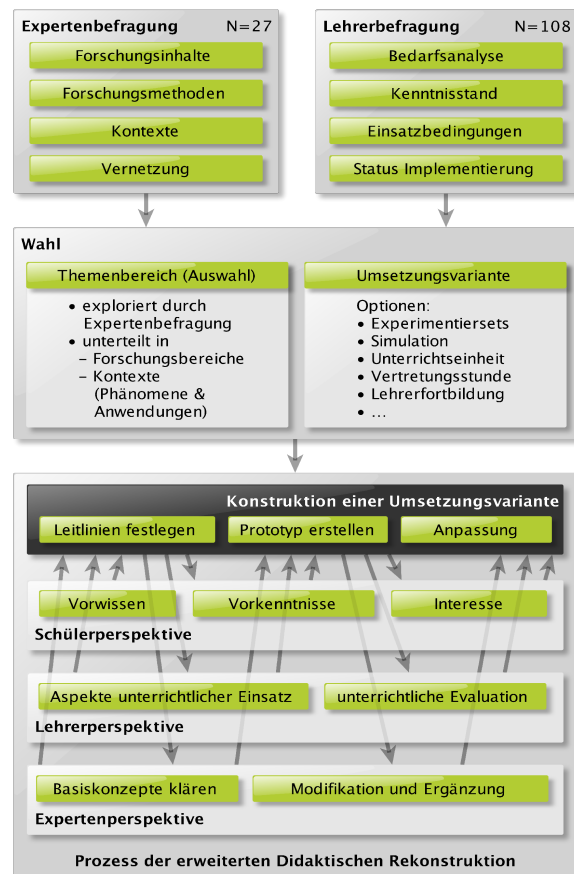


Abb. 3: Forschungsplanung inkl. erweiterter Didaktischer Rekonstruktion

Nach der Auswertung dieser beiden Vorbefragungen soll direkt in den Prozess der erweiterten Didaktischen Rekonstruktion eingestiegen werden (um auch Frage 2.c. zu klären). Dabei gilt es auch, Kriterien abzuleiten, die die Vielzahl der möglichen Themen und Kontexte auf ein handhabbares Maß (unter der Kenntnis der möglichen schulischen Umsetzungsvarianten) eingrenzen.

In der folgenden Stufe der erweiterten Didaktischen Rekonstruktion (s. Abb. 3: „Leitlinien festlegen“) soll mit dieser Vorauswahl von Themen und Kontexten zusammen mit Lehrer_innen und Schüler_innen sowie Fachwissenschaftler_innen in getrennten Fokusgruppen an einer konkreten Auswahl gearbeitet werden (nach Kriterien, die die einzelnen Gruppen selbst festlegen). Aus der Zusammenführung dieser drei Perspektiven werden dann die Themen und Kontexte ausgewählt, die am vielversprechendsten erscheinen, um in der zweiten Phase wenige Prototypen (s. Abb. 3: „Prototyp erstellen“) zu erstellen, die dann von Fachwissenschaftler_innen fachlich geprüft und im unterrichtlichen Einsatz mit Schüler_innen und Lehrer_innen erprobt und evaluiert werden. In einer (optionalen) dritten Phase (s. Abb. 3: „Anpassung“) werden die Evaluationsergebnisse rückgekoppelt, so dass eine weitere Optimierung stattfinden kann.

Methodisch ist geplant, die Fachwissenschaftler_innen im Rahmen von Einzelgesprächen auf Basis von Leitfaden-Interviews einzubeziehen und die Gruppe der Lehrer_innen ebenso wie einige Schulklassen über die Fokusgruppenmethode (vgl. [4]) zu befragen.

Im Endergebnis der Vorhabens sollen ein oder mehrere Prototypen (Unterrichtsmaterialien und -konzepte) entwickelt und erfolgreich erprobt sein, der/die mindestens an den beteiligten Schulen weiterhin genutzt werden.

4. Literatur

- [1] THIRDINFINITY (2013): *Third Infinity 2013 Conference, Göttingen*. <http://www.thirdinfinity.mpg.de/index.html> (letzter Zugriff: 20.09.2013).
- [2] HAUPT, J. S.; NORDMEIER, V. (2012): *Granulare Materie und dissipative Strukturbildung bzw. Selbstorganisation: Kontexte, Theorien und Inhalte der Themen – Ergebnisse einer Expertenbefragung*. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [3] KATTMANN, U.; DUIT, R.; GROPENGIESSER, H.; KOMOREK, M. (1997): *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), S. 3–18.
- [4] HENSELING, C.; HAHN, T.; NOLTING, K. (2006): *Die Fokusgruppen-Methode als Instrument in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung*. www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB82.pdf (letzter Zugriff: 28.11.2013).