

STEPHAN HUSSMANN, TIMO LEUDERS, BÄRBEL BARZEL,  
SUSANNE PREDIGER, Dortmund/ Freiburg

## **Kontexte für sinnstiftendes Mathematiklernen (KOSIMA) – ein fachdidaktisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt**

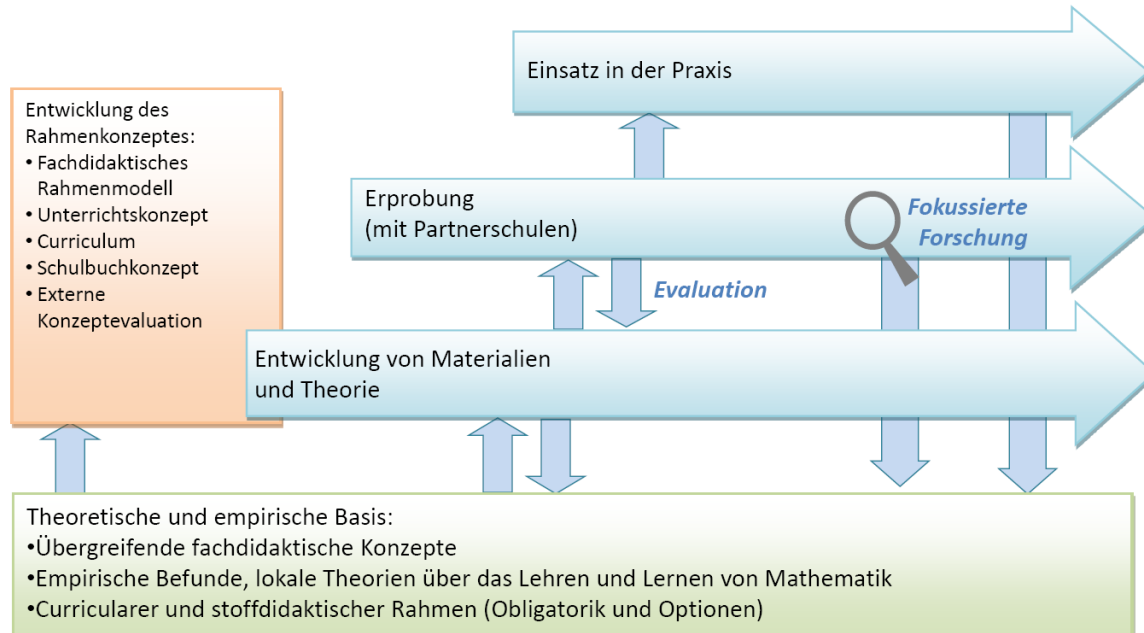
Die Fachdidaktik als Wissenschaft hat mehrere „Standbeine“: Ein normatives, curriculares: Was sollen Schülerinnen und Schüler lernen? (z.B. Heymann 1996), ein konstruktives: die Bereitstellung von geeigneten Lernumgebungen (z.B. Wittmann 1976), sowie ein empirisches, nämlich die Erforschung von fachbezogenen Lehr- und Lernprozessen (z.B. Lester 2007). Die besondere Qualität fachdidaktischer Forschung besteht in einer kreativen Kombination dieser Elemente. Als besonders produktiv hat sich dabei der enge Bezug von Forschung und Entwicklung erwiesen, der in den letzten 20 Jahren in verschiedenen Varianten etabliert wurde, u.a. design research (Gravemeijer/Cobb 2006, Cobb et al. 2003), design science (Wittmann 1995), design experiments (Brown 1992). Dieser Beitrag erläutert, wie im Projekt KOSIMA die Grundideen fachdidaktischer Entwicklungsforschung in spezifischer Weise realisiert werden.

Das Projekt verfolgt folgende Ziele:

- (1) Fachdidaktische Entwicklungsforschung verpflichtet sich dem Ziel der Gestaltung und Veränderung von schulischen Lehr-Lernprozessen. Gemessen wird die Relevanz fachdidaktischer Forschung an ihrem (direkten oder indirekten) Beitrag zur **Steigerung von Unterrichtsqualität**. Das Projekt KOSIMA nimmt Einfluss auf Unterricht über die Konstruktion innovativer Lernarrangements, aber auch über die Verbreitung der dahinter liegenden Ideen über Netzwerke, Fortbildungen und geeignete Handbücher.
- (2) Wissenschaftliche Entwicklung von Lernarrangements vollzieht sich im Projekt **theoriegeleitet und empiriegestützt**. Von besonderer Bedeutung sind dabei empirisch gewonnene lokale Theorien, die sich auf *einen spezifischen fachlichen Gegenstandsbereich* beziehen, wie etwa das verständnisorientierte Lernen in der Bruchrechnung (Streefland 1991). Aber auch übergreifende Theorien zur Strukturierung mathematischer Lernprozesse (z.B. problemorientiertes Lernen, Wagenschein 1977, Winter 1989, Freudenthal 1991; Anwendungsorientierung, Blum et al. 1989, de Lange et al. 1993; Kernideen in Rückschau und Vorschauerspektive, Gallin/Ruf 1990) besitzen eine Leitfunktion bei der Entwicklung der Lernarrangements (vgl. Barzel et al., in diesem Band). Als Basis für die Entwicklung werden im Projekt einerseits empirische Ergebnisse zu Lernvoraussetzungen und Lernhindernissen und andererseits systematisch erhobene Evaluationsdaten herangezogen. Auf diese Weise werden sowohl Lernarrangements als auch die zugrunde liegende Theorie im Wechselspiel von Gestaltung, Erprobung und Analyse weiterentwickelt.

- (3) Als besondere Chance der Forschung in KOSIMA sehen wir, dass **Forschung in einem Umfeld von gezielt gestalteter Praxis** stattfinden kann. Dadurch können spezifische innovative Lernprozesse in besonderer Weise erforscht werden. Da sich die Entwicklungen in KOSIMA nicht nur auf einzelne Lernumgebungen beziehen, sondern auf ein *durchgehendes* Lehrwerk der Klassen 5-10 (Mathewerkstatt 5-10, Barzel et al. 2012, in Grundzügen vorgestellt von Barzel et al., in diesem Band), ergeben sich besondere Chancen für langfristige Forschungen. So kann beispielsweise der sukzessive Vorstellungsaufbau zu Brüchen oder Variablen über mehrere Jahre verfolgt werden, da die Ausgangsbedingungen für die in dieser Phase wichtigen Lernprozesse eher durch die vorhergehende Lerngeschichte sichergestellt sind.
- (4) Forschung in KOSIMA geschieht nicht nur unter Hinzuziehung von fokussierten, drittmittelgeförderten Forschungsprojekten (s.u.), sondern auch mit Lehramtsstudierenden, die unter spezifischen Evaluations- und Forschungsschwerpunkten im Rahmen von Qualifikationsarbeiten vertiefte Untersuchungen vornehmen (s.u.). Durch die inhaltliche und methodische Nähe zum Unterricht ist KOSIMA in besonderer Weise geeignet zu einer solchen **Integration in fachbezogene Lehrerbildung**.

Diese Ziele, insbesondere die langfristig angelegte Entwicklungsforschung haben Konsequenzen und Herausforderungen für die Arbeitsstruktur im Projekt KOSIMA:



Der Anspruch der pragmatischen Evaluation des *gesamten* Konzeptes macht es notwendig, das gesamte Entwicklungsprodukt (kontinuierlich) mindestens einem Erprobungszyklus zu unterziehen. Damit sind die Evaluations- und Forschungszeiträume durch die Frequenz der Schuljahre bestimmt. Einem Jahr der theoretischen Vorbereitung, der Entwicklung der Lernumgebungen und der Vorbereitung der Lehrpersonen folgt ein Jahr der Erprobung und Beforschung in

verschiedenen Schulen, deren Ergebnisse in einer Überarbeitung bzw. Neukonzeption der Lernumgebungen mündet. Eingebettet in die Gesamterprobung, aber davon unabhängig, sind tiefergehende lokale Studien mit mehreren Entwicklungs- und Erforschungszyklen.

**Theoretische und empirische Basis** der Entwicklungsarbeit ist eine breite Analyse des theoretischen, empirischen und curricularen Rahmens.

**Die Entwicklung des Rahmenkonzepts** wurde unter Einbeziehung externer Expertise von Fachdidaktik und Schulpraxis in einer ersten Phase von zwei Jahren entwickelt. Die hierbei gewonnenen theoretischen Erkenntnisse tragen zur Integration bestehender und Entwicklung neuer fachdidaktischer Konzepte bei, z.B. zum sinnstiftenden Lernen (Leuders et al. 2011) oder zum Konzept des Ordens unter aktiver Schülerbeteiligung (Prediger et al. 2011).

Die Entwicklungsarbeit mündet in die **Produktion von Lehr-Lernmaterialien**, die den Anspruch haben, eine vollständige Materialbasis für die Gestaltung des Lernprozesses durch die erprobenden Lehrkräfte, darzustellen.

Die **Erprobung** findet mit Lehrpersonen und Klassen statt, die zum Teil jahrgangswise, zum Teil von Klasse 5 an durchgehend mit dem Konzept arbeiten. Dies erlaubt die oben beschriebene Forschung in gezielt gestalteter Praxis. Die Evaluation erfasst zu jedem Kapitel: Rückmeldungen der Lehrpersonen, Schülerprodukte aus allen Lernphasen, Videos ausgewählter Schlüsselstellen im Lernprozess. Die Daten werden aufbereitet, mit den erprobenden Lehrkräften diskutiert und die Ergebnisse fließen in die Überarbeitung ein. Zusätzlich werden einzelne Ausschnitte des Lernprozesses unter besonderem Forschungsfokus untersucht.

Leitend für die **Forschung** sind grundsätzliche Fragestellungen, die von den Entwicklern im Rahmen von größeren Forschungslinien untersucht werden, wie etwa die Begriffs- und Vorstellungsentwicklung in bestimmten Inhaltsbereichen oder die Förderung von Problemlösekompetenzen. Die so auf empirischer Basis weiterentwickelten lokalen oder übergreifenden Theorien münden mit zeitlichem Versatz in die Entwicklungsarbeit ein, bereichern aber vor allem die fachdidaktische Theoriebildung.

Das ganze mündet in einem **Einsatz in der Praxis**, die nicht mehr gezielt gestaltet ist, sondern den alltäglichen Unterricht widerspiegelt. Dies ermöglicht dann auch Wirkungsstudien mit einer großen Anzahl an Schülerinnen und Schülern.

### **Beispiele für Forschungsprojekte**

Es versteht sich von selbst, dass nur ein kleiner Teil der im Rahmen der Entwicklung und Evaluation aufkommenden Fragen durch systematische Forschungsstudien untersucht werden kann. Methodisch schöpfen die KOSIMA-Projekte aus einem breiten Spektrum von interpretativen und statistischen Methoden als auch deren Zusammenspiel. Folgende Beispiele sind schon abgeschlossen oder werden in diesem Band durch eigene Beiträge dargestellt:

Carola Ehret konzipiert und evaluiert ein Förderkonzept für das Schreiben im Mathematikunterricht der Hauptschule und erfasst dazu zunächst die Schreibhürden, die Lehrende und Lernende wahrnehmen (in diesem Band).

Matthias Glade untersucht durch Design Experiments, wie sich die für Strukturprobleme wichtige fortschreitende Schematisierung in den Lernprozessen der Lernenden ausdrückt und bestmöglich unterstützen lässt (in diesem Band).

Heinz Laakmann analysiert in Design Experiments die Bedeutung von Darstellungswechseln im Bereich der linearen Funktionen und unter besonderer Berücksichtigung von Multirepräsentationsprogrammen (in diesem Band).

Kathleen Philipp und Timo Leuders erfassen in einer Experimentalstudie die Wirksamkeit eines Strategietrainings aus dem Kapitel „Zahlen teilen und zusammensetzen“ und setzen dabei auf eine theoretische Konzeptualisierung von „innermathematischem Experimentieren“ und einer empiriegestützten Beschreibung entsprechender Denkprozesse (in diesem Band).

Florian Schacht und Stephan Hußmann haben einen theoretischen Rahmen (weiter) entwickelt, mit dem sich individuelle Begriffsbildungsprozesse im Mathematikunterricht beschreiben lassen. Dabei wird die theoretische Perspektive an der Entwicklung des Muster- und Variablenbegriffs untersucht (Schacht 2011).

Maike Schindler geht mit Hilfe von Design Experiments der Frage nach, inwiefern es den Lernenden gelingt, individuelle mathematische Begriffe in verschiedenen Kontexten und Situationen anzuwenden (in diesem Band). Dazu nutzt sie eine Lernumgebung zur Einführung in die negativen Zahlen.

Andrea Schink hat in ihrer Studie zum Umgang mit dem Ganzen bei Brüchen wertvolle empirische Einsichten in individuelle Vorstellungen und Strukturierungen geliefert (in diesem Band), die in die Entwicklung zweier Lernumgebungen eingeflossen ist.

Susanne Schnell analysiert in Design Experiments auf der Mikroebene die Vorstellungsentwicklungsprozesse von Lernenden zum Gesetz der großen Zahlen (in diesem Band). Dazu nutzt sie die in mehreren Entwicklungs- und Beforschungszyklen entwickelte Lernumgebung „Wettkönig“ zum Thema Zufall.

All diesen Arbeiten ist gemeinsam, dass sie mit spezifischen Fragestellungen auf Lernprozesse von Schülerinnen und Schüler in gezielt gestalteten Lernumgebungen blicken. Neben der Weiterentwicklung der verwendeten Theorie ist eines der übergeordneten Ziele die Verbesserung der Lernumgebungen.

### **Anmerkungen**

Alle Autorinnen und Autoren haben am Artikel gleichberechtigt mitgewirkt.

Die Literatur findet sich in der längeren Fassung des Beitrags unter [www.ko-si-ma.de](http://www.ko-si-ma.de).

## Literatur (nur in der Online Fassung)

- Barzel, B., Hußmann, S., Leuders, T., Prediger, S. (2012) (Hrsg.): Mathewerkstatt 5. Cornelsen, Berlin. (Ebenso mit anderer Hrsg-Namenreihenfolge Klasse 6-10).
- Barzel, B., Prediger, S., Leuders, T., Hußmann, S. (2011): Kontexte und Kernprozesse – Aspekte eines theoriegeleiteten & praxiserprobten Schulbuchkonzepts. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2011.
- Blum, W., Niss, M., Huntley, I. (1989): Modelling, Applications and Applied Problem Solving - Teaching Mathematics in a Real Context. Horwood, Chichester
- Brown, A. L. (1992): Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. In: The Journal of the Learning Sciences, 2(2): 141-178.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., Schauble, L. (2003): Design experiments in educational research. In: Educational Researcher, 32(1), 9–13.
- De Lange, J., Keitel, C., Huntley I. & Niss M. (Hrsg.) (1993) (Hrsg): Innovation in Maths Education by Modelling and Applications, Ellis Horwood, Chichester.
- Freudenthal, H. (1991): Revisiting Mathematics Education. China Lectures, Kluwer, Dordrecht.
- Gallin, P., Ruf, U. (1990): Dialogisches Lernen im Mathematikunterricht. Kallmeyer, Seelze-Velber.
- Gravemeijer, K., Cobb, P. (2006): Design research from the learning design perspective. In: J. van den Akker / K. Gravemeijer / S. McKenney / N. Nieveen (Hrsg.): Educational design research (pp.). Routledge, London, 17-51.
- Heymann, H.-W. (1996): Allgemeinbildung und Mathematik. Beltz, Weinheim, Basel.
- Lester, F. K., Jr. (Hrsg.) (2007): Second handbook of research on mathematics teaching and learning. Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Leuders, T., Naccarella, D., Philipp, K. (eingereicht): Experimentelles Denken - Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim innermathematischen Experimentieren. Erscheint in: Journal für Mathematikdidaktik
- Leuders, T., Hußmann, S., Barzel, B., Prediger, S. (2011): „Das macht Sinn!“ Sinnstiftung mit Kontexten und Kernideen, in: Praxis der Mathematik in der Schule 53(37), 2-9.
- Prediger, S., Barzel, B., Leuders, T., Hußmann, S. (2011): Systematisieren und Sichern. Nachhaltiges Lernen durch aktives Ordnen. In: Mathematik lehren 164, 2-9.
- Schacht, F. (2011): Mathematische Begriffsbildung zwischen Implizitem und Explizitem - Theoretische Fundierungen und empirische Untersuchungen individueller Begriffsbildungsprozesse im Mathematikunterricht unter besonderer Berücksichtigung des Muster- und Variablenbegriffs. Dissertationsschrift, TU Dortmund.
- Streefland, L. (1991): Fractions in Realistic Mathematics Education: A Paradigm of Developmental Research. Kluwer, Dordrecht.
- Wagenschein, M. (1977): Verstehen lehren. Genetisch - Sokratisch – Exemplarisch. Beltz, Weinheim.
- Winter, H. (1989): Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Vieweg, Braunschweig.
- Wittmann, E. C. (1995). Mathematics education as a “design science.” In: Educational Studies in Mathematics, 29, 355–374.
- Wittmann, E. C. (1976): Grundfragen des Mathematikunterrichts. Vieweg, Braunschweig.