

Mathematisch forschend lernen in der tertiären Bildung

Link, Frauke¹; Schnieder, Jörn²;

¹HTWG Konstanz; ²Universität Lübeck

Zusammenfassung: Studierende an selbständiges Forschen in der Mathematik heranzuführen. – Was bedeutet das und wie kann das gehen? Der Artikel versteht sich als Skizzierung einer Diskussionslinie über forschendes Lernen zwischen Hochschuldidaktik und Mathematikstudium mit allen Berufszielen. Dabei wird geklärt, was forschendes Lernen in der Mathematik auszeichnet und wie die hochschuldidaktische Weiterbildung von professionellem Lehrpersonal aussehen könnte.

1 Ausgangslage

Studierende an selbständiges Forschen in der Mathematik heranzuführen. – Was bedeutet das und wie kann das gehen? Einen Forschungsprozess als Lehrender anzuleiten und zu begleiten. – Kann das jeder und wie kann man das lernen?

In diesem Beitrag werden wir erste theoretische und praktische Überlegungen für ein Workshop-Konzept vorstellen, das Hochschullehrende darauf vorbereitet, ihre Studierenden schrittweise ab Studienbeginn an systematische Forschungsarbeit in der Mathematik heranzuführen. Was wir unter dieser verstehen, klären wir im folgenden Abschnitt.

Damit bearbeiten wir ein zweifaches Desiderat: Einerseits gibt es zwar für viele Fächer und Hochschuldisziplinen gut beforschte fachspezifische und fachübergreifende Ansätze bzw. Beispiele zur Umsetzung forschenden Lernens auf Hochschulebene (Huber 2013, 2015, Reinmann 2013). In Bezug auf die Mathematik im speziellen fehlt aber die theoretische Grundlagendiskussion, was forschendes Lernen in der Hochschullehre der Mathematik bedeuten kann bzw. bedeuten sollte (für eine Ausnahme siehe (Bikner-Ahsbals, Dreher & Schäfer, 2013)). Wie sich forschendes Lernen, zumal in der Hochschulmathematik in seinen Zielen und seiner lehrmethodischen Umsetzung – wenigstens ansatzweise – in die bestehende Hochschullehre integrieren lässt, ist weder theoretisch noch praktisch beforscht - und scheint als Fragestellung gar nicht in das Blickfeld aktueller fachdidaktischer Forschung zu rücken (Bausch et al. 2014).

Als zweites Desiderat sehen wir den Umstand, dass es keine hochschuldidaktischen Konzepte für Dozentenweiterbildungen zur Vermittlung didaktisch-methodischer Grundlagen forschenden Lernens gibt.

Welche Erklärungen haben wir für dieses zweifache Desiderat?

Desiderat 1 könnte aus folgenden (dilemmatisch entgegengesetzten) Annahmen erklärt werden: Alter Wein in neuen Schläuchen: Die Grundgedanken forschenden Lernens, wie sie etwa in der allgemeinen Hochschuldidaktik formuliert werden, werden schon längst angewendet. Beispielhaft zeigt sich dies in den häufig komplexen Beweisaufgaben, die den Mathematik-Studierenden schon vom ersten Semester an abverlangt werden. Hier geht es in der Regel nicht nur um den Anlass, vorgestellte Strukturen nachzuvollziehen, sondern auch darum, selbst Ideen für Lösungen zu entwickeln. Insofern wären etwaige hochschuldidaktische Forderungen und Wünsche ohnehin obsolet.

Diskutiert wird durchaus, ob forschendes Lernen „Lernen durch Beteiligung an Forschung“ ist (Bsp. UROP aus Huber 2013), ob forschendes Lernen an der späteren Berufspraxis auszurichten ist (ebd.), ob das Erzielen von für „Dritte interessanten Erkenntnissen“ erreicht werden müssten (ebd.) oder ob es nur um die „Wirkungen solcher Forschungssituationen auf den Lernenden [Anm. i. Orig.]“ geht (BAK 1070). Insbesondere scheint man sich einig zu sein, dass die Forderung danach, für Dritte interessante Erkenntnisse durch forschendes Lernen zu erzielen, überall, aber vielleicht auch gerade in der Mathematik und insbesondere in der Studieneingangsphase nicht einlösbar ist (vgl. BAK 1970). Es ist ebenso klar: Forschendes Lernen ist nicht identisch mit Forschen. Umso mehr bleibt offen, was fachspezifisch mathematisch mit forschendem Lernen gemeint sein soll und wird daher bisher nicht spezifiziert.

Desiderat 2 könnte aus einer der folgenden – etwas übertrieben formulierten – Annahmen erklärt werden: Der naturalistische und der fatalistische Kurzschluss, wer forsche und lehre würde aus diesem Tun heraus forschend lehren, führt dazu, dass Lehrende sich in einer Art „didaktischer Unschuld“ bewegen, bevor sie sich mit dem Auseinandersetzen, was sich hinter den Begriffen verbirgt, die man sich allzu leicht mit alltäglichem Sprachgebrauch meint erklären zu können. In dieser didaktischen Unschuld bzw. Unwissenheit der eigenen Inkompetenz tendiert man dazu Lehre „als etwas zu betrachten, das eher hinderlich für die Forschung ist und ihr im Wege steht“ (Winteler 2011). Probleme in der Lehre werden kulturell nicht toleriert, das bremst Bestrebungen wie in Desiderat 2 formuliert grundsätzlich.

Glücklicherweise sieht es nicht ganz so düster aus. Die Hochschuldidaktik, die in Deutschland noch gar nicht so alt ist, wächst beständig und mit ihr entsteht ein offeneres Klima in Bezug auf die Auseinandersetzung über die Kunst der Lehre.

Im Folgenden werden wir Vorschläge zu einer begrifflichen Auseinandersetzung forschenden Lernens in Mathematik machen, um dann beispielhaft zu zeigen, wo und wie Fortbildungen zu forschendem Lernen in Mathematik schon funktionieren und auf welchen Grundsätzen diese Fortbildungen basieren.

2 Begriffliche Auseinandersetzungen

Forschen in Mathematik

Alle Erkenntnisbemühungen dürfen Wissenschaft genannt werden, die sich auf ihre Weise erfolgreich bemühen, der Idee der Wissenschaft und damit den fünf Idealen der Wissenschaft (Tetens 2013) gerecht zu werden: Ideal der Wahrheit, der Begründung, des Erklärens und Verstehens, der Intersubjektivität und der Selbstreflexion.

Forschung ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse mit Methoden, die den fünf Idealen der Wissenschaft gerecht zu werden versuchen. Forschung verläuft nicht linear, sondern vielmehr über Umwege, mit Rückschlägen und daher oft sehr mühsam. Neue Beobachtungsdaten und Vermutungen sind zunächst noch unklar und ungelöst. Es ist fraglich, ob und wie sie sich mit den bisher bekannten und akzeptierten Theorien erklären und verstehen lassen. Wissenschaftliche Forschung heißt selbstständiges Finden, Bearbeiten und Lösen fachlich relevanter Probleme, relativ zu den Leitideen der Wissenschaftlichkeit.

Forschen in der Mathematik ist ein **hochindividueller Prozess**, dessen Erfolg nicht nur vom geschickten Einsatz teilweise sehr feldspezifischer Strategien und Lösungs-ideen abhängt. Eine wichtige Grundlage für den Erfolg beim mathematischen Forschen ist vielmehr der angemessene Umgang mit begleitenden Emotionen (Ciompi 2013): Frustrationserlebnisse müssen bei Rückschlägen in der Lösungsarbeit ausgehalten und Lösungszuversicht gewahrt werden. Zudem ist es hilfreich, eine gewisse selbstkritische Resistenz gegen eine vielleicht verfrühte Euphorie bei (vermeintlichen) Erfolgen auf dem Lösungsweg aufzubauen (McLeod & Adams 2012, Bruder & Collet 2010, Mason, Burton & Stacey 2008, Tall 2012). – All dies sind wichtige Fähigkeiten, die ein erfolgreiches Forschen in der Mathematik unterstützen können. Forschen ist – etwas vereinfacht ausgedrückt – das Finden, Formulieren und Lösen von Problemen nach wissenschaftlichen Maßstäben und allgemein unter der Leitidee von Wissenschaft, d.h. einem an den Idealen von Wahrheit, Intersubjektivität ... orientiertem Denken und Handeln. Wenn jetzt Mathematik – noch diesseits spezieller mathematik-philosophischer Ansätze – die Wissenschaft formaler Strukturen ist (Stekeler-Weithofer 2008, Tetens 2013), dann verstehen wir unter mathematischer Forschung das Lösen von Problemen, das sich auf das Finden, Erfinden und Untersuchen formaler Strukturen bezieht.

Die Kerntätigkeit des Forschens kann nicht im Sinne einer Technik („Wissenschaftliches Arbeiten“) vollständig formalisiert werden. Die Lösung von Forschungsproblemen ist kein schematischer Prozess, der aus einer rezeptartigen Anwendung von Regeln zum Erfolg geführt werden kann (vgl. BAK 1970). Selbstverständlich besitzt jede Forschungsdisziplin durchaus feste – historisch über lange Zeiträume gewachsene – Regeln, Methoden der Gegenstandskonstitution und -untersuchung. Trotz dieses mitunter auch als eng umrissen wahrgenommenen (methodologischen) Rahmens ist das individuelle Forschungshandeln ein hochgradig subjektiver Prozess, dessen Erfolg nicht zuletzt auch davon abhängt, dass der Forscher mit seinen eigenen Stimmungen und Stimmungsschwankungen umgehen muss.

Forschen ist eine Handlungsdisposition, die erfahrungsgemäß so komplex in den Voraussetzungen ihrer Ausübung ist, dass sie nur von sehr wenigen Studierenden im bloßen Mitvollzug hinreichend rasch und hinreichend sicher erlernt werden könnte; nur wenige Studierende vermögen diese Fertigkeit aus sich selbst zu entwickeln. Vielmehr muss, wer forschen will, über ein bestimmtes Hintergrundwissen bzw. -können verfügen, d.h. er muss sich zuvor die dafür erforderlichen Kenntnisse, Fertigkeiten, Motive und Haltungen angeeignet haben. Die didaktische Schwierigkeit in der Vermittlung dieser Hintergrundkenntnisse besteht häufig darin, dass sie gerade nicht explizit etwa in Form von gewissen (auch methodologischen Regeln formuliert werden), sondern

implizit, gleichsam „zwischen den Zeilen“ sozusagen im fachkulturellen „Subtext“, d.h. letztlich als unausgesprochene aber häufig selektiv hochwirksame Regeln de facto Gültigkeit haben ohne explizit genannt, geschweige denn intersubjektiv legitimiert zu sein. Freilich wäre es falsch, aus diesem faktisch bestehenden Begründungsdefizit auch der Mathematik, wie sie im Rahmen soziologischer Untersuchungen zur „Innenwelt der Mathematik“ (Heintz 2000) immer wieder aufgedeckt werden, gleichsam resignativ auf einen „postmodernen“ Begründungspluralismus und -relativismus zu verfallen (Janich 1997).

Lernen und Forschen und forschendes Lernen

Grundsätzlich ist jeder Forschungsprozess ein Lernprozess, wenn man Lernen versteht als den Prozess des Erwerbs individuell neuer Fertigkeiten, Fähigkeiten und Tätigkeitsdispositionen (Sünkel 1996). Insbesondere ist der Forschungsprozess ein Lernprozess, der sich nicht durch das Schema „Vormachen-Nachmachen“ abbilden lässt. Forschung ist, wie schon gesagt, hoch individuell. Forschungsprozesse sind außerdem unsicher bezüglich des Ergebnisses, das trifft insbesondere auf die Mathematik zu. Wir haben es also mit einem hoch individuellen, maximal unsicheren Lernprozess beim Forscher zu tun.

Prinzipiell könnten Studierende die Mathematik eigenständig neu erfinden. Es sei an Ramanujan erinnert der sich fernab von universitärer Gemeinschaft neue mathematische Zusammenhänge erschloss (Kanigel 1993). Aber dies ist ein Einzelfall. In der Regel ist das Schema „Vormachen-Nachmachen“ sehr effektiv in der Vermittlung von Fakten und konfrontiert die Studierenden mit tradierten und standardisierten Forschungsergebnissen der letzten Jahrhunderte. Auch das ist ein Aspekt von Wissenschaft: Die Wahrung der Intersubjektivität wird durch die Weitergabe von Formalisierungsmustern an die nächste Generation gewährleistet und bewiesene Wahrheit muss nicht in jeder Generation neu erfunden werden. Kritisch wird es, wenn für die Studierenden Wissenschaft nicht mehr als Prozess wahrgenommen werden kann und sie nicht in den Zustand der kritischen Auseinandersetzung gebracht werden.

Es müssen also Möglichkeiten bereitgestellt werden, Studierenden Forschungserlebnisse zu verschaffen. In diesem Sinne stellen wir folgende Definition auf:

Forschendes Lernen ist in diesem Sinne dann ein Lernen, dass sich auf den Erwerb von Tätigkeitsdispositionen bezieht, deren Beherrschung für ein erfolgreiches Forschungshandeln notwendig sind.

Ganz bewusst haben wir in unserer Definition an dieser Stelle auf die bei Huber (2013, S.11) zu findende definierende Bestimmung forschenden Lernens als auch „auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen“ gerichtetes Forschungshandeln verzichtet: Selbstverständlich teilen wir Hubers Ansicht, dass als „Ergebnis nicht nur der Lerngewinn oder die Lernleistung für den Lernenden zählen“ sollte und die Ergebnisse etwa für die „scientific community“ auf einer Tagung, fachbereichs- oder hochschulöffentlich, auf einem Forum oder in anderen ähnlichen Formen vorgestellt werden sollte. Wir haben auf die Forderung zunächst aus ganz pragmatischen Gründen verzichtet: Diese Forderung ist, wie oben bereits angedeutet zumal in der Mathematik und obwohl sie in ihrem Anspruch gemessen an denkbaren Alternativen sicher schon in vernünftiger Schlichtheit formuliert ist, hoch umstritten und führt nicht

selten zu Ablehnung, Skepsis und auch zu einem Gefühl der Überforderung seitens der Dozierenden: Gilt es doch, nicht auf die Neuheit des Ergebnisses, sondern auf den Prozess der kritisch-methodischen, argumentativen Überprüfung jeder vorliegenden Aussage, sowie ihrer systematischen Verallgemeinerung und Vertiefung zu fokussieren „als gemeinsamen Kern der Forschung und des Forschenden Lernens“ (Huber 2015).

Abgesehen davon, dass studentische Arbeiten – und darin wird man den Kritikern des Konzepts forschenden Lernens sicher zustimmen – in der Regel selten den Anspruch erfüllen, in vollem Umfang des Wortsinns „neue“, substantielle, d.h. „die Disziplin verändernde“ Resultate zu liefern und man mit Huber (2015) feststellen muss, dass allerdings dann „auch große Teile dessen in Frage [stehen] (Einf. d. Aut.), was Lehrende und Mitarbeiter im wissenschaftlichen Alltagsbetrieb als Forschung betreiben“.

Neben den pragmatischen Gründen, die uns dazu bewogen haben, auf das Kriterium „auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen“ zu verzichten muss noch auf einen weiteren Grund hingewiesen werden: Letztlich gibt es nämlich faktisch keinen Konsens über die Maßstäbe, mit denen der Grad an Interessantheit eines Resultats beurteilt werden kann. In der Tat ist diese Frage natürlich nur eine Facette aus einem wesentlich umfassenderen Themengebiet, das in der Wissenschaftstheorie und vor allen Dingen im Rahmen soziologischer Wissenschaftsforschung unter dem Stichwort „Abgrenzungsproblem“ und mit der Frage „Was soll unter ‚Wissenschaft‘ verstanden werden, und wie ist Wissenschaft von Nicht-Wissenschaft zu unterscheiden?“ (Janich 1996, S.14) Gegenstand aktueller Kontroversen ist, und zwar nicht nur im Blick auf Wissenschaft im Allgemeinen sondern auch auf Mathematik im Besonderen (Janich 2015). Dass es zu einfach wäre, die faktisch gegebenen Forschungsentwicklungen in ihren faktisch bestehenden institutionalisierten Formen als Maßstab für interessante Perspektiven und weiterführende Forschungsvorhaben einzusetzen dürfte sofort einleuchten – wie sollten sich auf dieser Basis „sektiererische“ oder bloß beliebige Entwicklungen detektieren und schließlich ggf. auch ausschalten lassen.

Wir können hier selbstverständlich nicht die facettenreiche Diskussion wiedergeben und uns darin verorten. Für eine erste Orientierung vergleiche man beispielsweise Chalmers (2007).

Für das forschende Lernen bedeutet das in erster Linie, sich mit der Vielfalt dieser Maßstäbe kritisch reflexiv auseinanderzusetzen. Vielmehr gehört es – und das zeigt auch ein Blick in die Publikationskultur, und zwar nicht nur der der Mathematik – faktisch und normativ zu den notwendigen Fertigkeiten guter Forscher, die Relevanz der eigenen Ergebnisse bzw. schon der Fragestellungen einschätzen zu können (von Hentig 2004). Gute Forschung ist selbstverständlich Forschung, die auch für Dritte relevante Erkenntnisse erzielt und eben nicht im „freien Fall“ und ohne Rücksicht auf den fachlichen „Status quo“ aktueller Forschung stattfindet. Gute Forschung, so ließe sich ein bekanntes Historikersprichwort variieren, weiß wohin sie wollen kann, weil sie weiß woher sie kommt. Im Blick auf forschendes Lernen bedeutet das, dass forschendes Lernen insbesondere auch Kriterien zur Prüfung von Fragestellungen und Erkenntnissen auf Relevanz vermitteln und einüben muss. Wir ergänzen also unsere Definition von forschendem Lernen wie folgt:

Forschendes Lernen in Mathematik ist ein Lernen im Fach, bei dem Studierende im Rahmen der Handlungsdisposition zum Forschen lernen, eigene Fragen (unabhängig von der aktuellen Forschung) zu entwickeln, Euphorie und Frustration bei der Bearbeitung zu ertragen und zu regeln, sowie die Relevanz ihrer Fragestellung und Ergebnisse im Anschluss fachlich einzuordnen und zu reflektieren.

Um forschendem Lernen aussichtsreich begegnen zu können benötigen die Studierenden geeignete Denk- und Handlungsstrategien, die wir im Folgenden aus den vorherigen Gedanken ableiten wollen und der Einfachheit halber auch als Forschungsstrategien bezeichnen werden.

3 Denk- und Handlungsstrategien für forschendes Lernen in Mathematik

Wenn wir Denk- und Handlungsstrategien zum forschenden Lernen in die Nähe von Lernstrategien rücken, gilt es einem inhaltlichen und einem (unterrichts-) methodischen Missverständnis vorbeugend entgegenzutreten:

Inhaltlich verstehen wir unter Forschungsstrategien in enger Anlehnung an die einschlägige Definition von Lernstrategien (Friedrich & Mandel 2006, 1) „Verhaltensweisen und Gedanken, die Forschenden aktivieren, um ihre Motivation und den Prozess des Wissenserwerbs zu beeinflussen und zu steuern.“ Wenn wir also von Forschungsstrategien sprechen, dann können auf der rein kognitiven Ebene selbstverständlich insbesondere auch die klassischen heuristischen Strategien, Prinzipien und Regeln eine wichtige Rolle spielen, der unseren Überlegungen zugrundeliegende Begriff ist allerdings wesentlich umfassender. In der hier vorgeschlagenen Definition werden neben dem Verhaltensaspekt insbesondere die gedanklich-kognitiven sowie die motivationalen Anteile am Forschen benannt, welchen in unserem Konzept große Bedeutung zukommt.

Unterrichtsmethodisch wollen wir uns außerdem gegen ein – zugespitzt formuliertes – behaviorales Missverständnis des von uns verwendeten Terminus Forschungsstrategien wenden. Selbstverständlich liegt der didaktische Vorteil einer Strategie gerade in den schematischen reproduzierbaren Aspekten ihrer Anwendung: dieser Aspekt erschließt sie allererst als Gegenstand für einen systematischen, auch in seinen Lernerfolgen transparenten Unterricht. Aber es wäre ein Missverständnis, Forschung bzw. Forschungshandeln auf die Verwendung dieser Strategien zu reduzieren und sich unternichtlich im Sinne eines bloßen Verhaltenstrainings auf das schematische Einüben entsprechender Schemata zu beschränken. Selbstverständlich bedarf es zur aktiven Aneignung der Forschungsstrategien in der Regel ihrer wiederholten Anwendung, damit neue Strategien nachhaltig in das individuelle Lern-Repertoire aufgenommen werden können: „Erwerb und Nutzung von Lernstrategien sind kein Ergebnis kurzfristiger Strategietrainings oder einzelner Unterrichtssequenzen, sondern viel eher das Resultat langfristiger Gewohnheitsbildung“ (Mandl & Friedrich, 2006, S. 17). Das mag im Falle solcher Strategien sinnvoll sein, die erfahrungsgemäß viele Forscher – gleichsam als intersubjektives Instrument – einsetzen.

Forschen ist ein überaus komplexer, facettenreicher und insbesondere individueller Vorgang, der – wie Lernen allgemein - auf verschiedenen Ebenen beeinflussbar ist. Schwierigkeiten im Forschungsprozess haben nicht selten einen engen Zusammenhang mit der emotionalen und motivationalen Verfasstheit beim Forschen.

Wir wollen Forschungsstrategien vielmehr als Orientierungshilfe und Bestandsaufnahme (Wie forsche ich bisher überhaupt? Welche Strategien wende ich bereits (bewusst oder unbewusst) an?) bei der Reflexion über den eigenen Forschungsprozess einsetzen, die zur Selbstklärung, Unterstützung und Reflexionshilfe auf allen Ebenen des Forschens beitragen können, um dann in der Folge schrittweise an einer strategischen Verbesserung ihres Lernens zu arbeiten.

In diesem Auswahlprozess sind neben der forschungsproblembezogenen Angemessenheit vor allem die individuellen Präferenzen, so auch das „Bauchgefühl“ des Forschenden entscheidend: Empfindet er eine Strategie für sich persönlich als angemessen und hilfreich oder nicht?

Nur auf diese Weise können festgefahrene Gewohnheiten verändert, neue Strategien verankert und die persönliche Kompetenz beim Bearbeiten schwieriger Forschungsprobleme erweitert werden (vgl. Streblov & Schiefele 2006), um so die Grundlagen für ein effizienteres zukünftiges Mathematiklernen zu schaffen.

Ein Modell für Denk- und Handlungsstrategien

Wir schlagen ein didaktisches Modell für Forschung und Forschungshandeln vor. Der wesentliche Punkt dieses Modells besteht darin, Forschung bzw. Forschungshandeln als erfolgreichen Einsatz von Strategien zu rekonstruieren. Ganz grob meinen wir damit Folgendes: erfolgreiche Forschung lässt sich verstehen als Einsatz von Denk- und Handlungs- und Emotions-Regulationsstrategien auf drei Ebenen, die durch drei Leitfragen charakterisiert werden können wie in Abbildung 1 zu sehen.

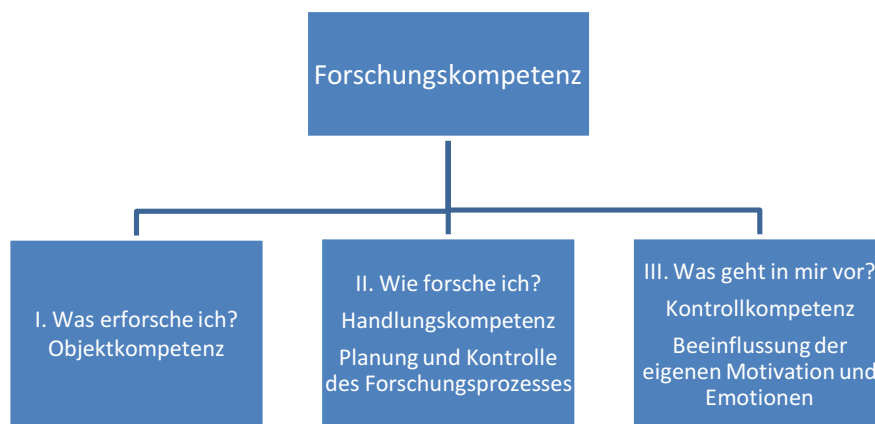


Abbildung 1

1) **Was erforsche ich?** Auf dieser Ebene geht es um fachbezogene Denk- und Handlungsstrategien, um fachspezifische Arbeitsmethoden der Objektkonstitution und -untersuchung einerseits, wie auch der Darstellung der jeweiligen Erkenntnisse andererseits.

2) **Wie forsche ich?** Hier findet eine strukturierte Auseinandersetzung mit dem Wie des Forschens statt. Die Planung und Gestaltung mathematischer Forschung wird hinsichtlich der angemessenen Verwendung (auch fachübergreifender) Strategien zur Planung und Kontrolle des Forschungsprozesses untersucht und bearbeitet.

3) **Was geht in mir vor?** Hier geht es um Strategien zur motivationalen und emotionalen Selbstregulation. Bei dieser Leitfrage geht es um die emotionale und motivationale Verfasstheit (im Blick auf das Individuum, aber auch im Blick etwa auf ein kooperierendes Team) während des Forschungsprozesses.

Das Modell lässt offen, zu welchem Zeitpunkt Studierende mit dem forschenden Lernen in Kontakt kommen. Die drei Denk- und Handlungsfelder helfen dabei, Minimax-Strategien zu entwickeln, die eine gezielte dosierte Steigerung in allen Veranstaltungsformaten ermöglichen (vgl. „cognitive apprenticeship“ in Collins, Brown & Newman 1987), im Prinzip auch schon zu Studienbeginn. Als Minimax-Strategien gelten dabei solche, bei denen der Quotient von Verständnis- und Umsetzungsaufwand zu Wirkung besonders klein ist.

Häufig wird forschendes Lernen mit Berufszielorientierung verknüpft, um sich der Motivation der Studierenden habhaft zu werden. Lehramtsstudierende werden sodann nicht mit dem fachlichen Forschen, sondern mit dem fachdidaktischen, empirischen Forschen und der Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen konfrontiert. Ingenieurstudierende sollen in ingenieurwissenschaftlichen Projekten forschend lernen. Die Berufszielorientierung dient zur Motivation bzw. zur Aussöhnung mit dem Fach.

Wir meinen, dass unser Modell diese Ansätze aus- und dafür andere einschließt und stellen im Folgenden Beispiele dazu vor, wie spezifische „Untergruppen“ von Studientypen der Mathematik mit diesem Modell vereinbar sind.

Studierende, die Mathematik „um ihrer selbst willen“ studieren, werden im Rahmen forschenden Lernens aufgefordert, mathematische Strukturen und Modelle selbst zu entwickeln (I). Dazu müssen sie Hypothesen aufstellen und beweisen (II). Sie werden eigene Grenzen erkunden und damit umgehen lernen müssen (III).

Studierende, die Mathematik als Fach im Rahmen ihres Ingenieurstudiums belegen, wird diese Tiefe der Auseinandersetzung nicht abverlangt. Hier kann aber verlangt werden, dass (angewandte) mathematische Strukturen nachvollzogen werden (I), dass Studierende Unverstandenes erkennen und selbstgesteuert recherchieren und erarbeiten (II). Sie erreichen durch forschendes Lernen eine Sicherheit im Umgang mit Mathematik (III).

Die dritte zu betrachtende Zielgruppe sind Lehramtsstudierende mit Fach Mathematik. Auch hier wird die Tiefe der Auseinandersetzung mit Mathematik in der Regel nicht verlangt. Auch hier wird forschendes Lernen in abgeschwächter Form möglich, z.B. durch aufstellen und beweisen mathematischer Hypothesen in Strukturen der Schulmathematik oder durch selbstgesteuerte Recherche schwierigerer Probleme (II). Es werden als mathematische Strukturen „hinter“ der Schulmathematik ergründet (I) und damit eine Entwicklung der Souveränität in Mathematik erreicht bzw. die Möglichkeit der Betrachtung der Mathematik vom „höheren Standpunkt“ aus (III).

Trotz Unterschieden im Detail ist das Modell für alle Typen tragbar, ohne dass die Motivation von etwas anderem als dem Fach ausgehen muss.

Gemein ist möglichen Lehr-Lern-Szenarien, die sich auf die unterschiedlichen Typen gleichsam abbilden die zwingende Folgerung eines praktischen Konzepts, das forschendes Lernen möglich macht. Forschendes Lernen ist dabei eine so spezielle Lernform, dass es nötig scheint, auch über die Rahmenbedingungen genauer nachzuden-

ken. Dies veranlasste uns zur Entwicklung von Workshops zu forschendem Lernen für Lehrende.

4 Weiterbildungen für Lehrende

Forschendes Lernen lässt sich auch als didaktisches „Setting“ interpretieren. Ähnlich, wie z.B. „Lernen durch Nachmachen“ methodisch-didaktisch mehr oder weniger sinnvoll ausgestaltet werden kann, braucht forschendes Lernen einen adäquaten Rahmen.

Wie oben erwähnt ist forschendes Lernen ein hoch individueller und hoch riskanter Lernprozess. Individualität und Risiko lassen sich nicht von außen steuern. Was Lehrende steuern können, ist die Art der Begleitung, die Individualität und Risiko nicht nur zulässt sondern sogar fördert.

Allgemeine Überlegungen zur Rolle des Begleiters im forschenden Lernen

Für die professionelle Weiterbildung von Lehrenden stehen die Fragen im Mittelpunkt: Wie gelingt es mir als Lehrendem, in diesem, möglicherweise ungewohnten, didaktischen Setting tätig zu werden? Wie gelingt es mir als Hochschuldidaktiker, Lehrenden die Sinnhaftigkeit dieses Settings zu vermitteln, ihnen geeignete Anregungen für die Umsetzung zu geben und dafür zu sorgen, dass Studierende forschend lernen? Dabei ist zu beachten, dass der Weiterbilder nie Gelegenheit hat, in den Lehr-

Lern-Prozess direkt einzugreifen, sondern stets nur am Rande mitwirkt (Abbildung 2).

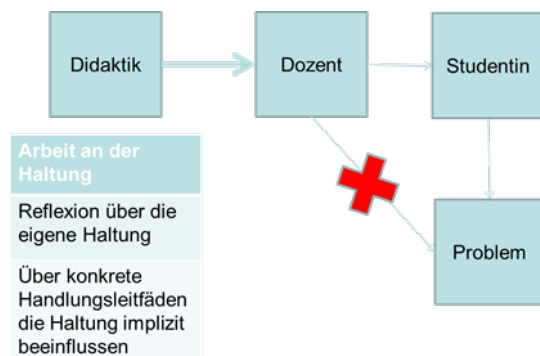


Abbildung 2

Der Dozent aus Abbildung 2 ist Lehrender im Sinne seines Arbeitsauftrages, vielleicht ist er auch Tutor. Er kann aber hochschuldidaktisch gesehen verschiedene Rollen in diesem Arbeitsauftrag wahrnehmen: Er kann Instruierender sein, Moderator oder – wie wir ihn hier nennen wollen – Begleiter, im Sinne eines Forschungsbegleiters.

Seitens der Lehrenden in ihrer Rolle als Begleiter bedarf es einer besonderen inneren Haltung, die für die Entwicklung und Gestaltung einer lernförderlichen Arbeitsbeziehung hilfreich sein kann.

Ein Aspekt der Weiterbildungsgestaltung ist, dass die Lehrenden in ihrer Rolle als Begleiter lernen, ein zunehmendes Maß an Freiheit sowie Vertrauen in den Lösungsprozess zuzulassen, ohne sich auch selbst zu überfordern (Rogers 1991, Cornelius-White & Harbaug 2009, Lyon, Rogers & Tausch 2013). So müssen Sie sich beispielsweise mit eigenen Ängsten im Umgang mit überraschenden und überfordernd wirkenden Fragesituationen, aber auch mit Möglichkeiten und Grenzen ihrer eigenen Akzeptanz insbesondere im Blick auf individuelle Lösungswege und Gruppenprozesse beim Modellieren auseinandersetzen, um forschendes Lernen begleiten zu können.

Forschungsbegleiter haben dabei die sehr anspruchsvolle Aufgabe, diesen Prozess orientiert an den Idealen minimaler fachlicher Hilfe (Zech 1998) sowie größtmöglicher Selbständigkeit und Selbstbestimmung der Modellierer zu unterstützen. Dies setzt eine Form der Gesprächsführung voraus, welche auf fachinhaltlicher Ebene äußerst zu-

rückhaltend, den forschenden Personen und ihren Gedanken gegenüber aber aufgeschlossen, interessiert und wertschätzend agiert.

Obwohl das Erlernen selbstständigen Forschens als Leitidee von Hochschule und Universität zugrunde liegt und auch ganz praktisch in unterschiedlichen Formaten im Rahmen mathematischer Lehre eine wichtige Rolle spielt, gibt es bislang keine wissenschaftlich beforschten Erkenntnisse zur Didaktik und Methodik entsprechender Fortbildungen für Forschungsbegleiter (Link 2011).

Konkrete Ansätze für hochschuldidaktische Weiterbildungen

Der Konstanzer Ansatz zur Weiterbildung orientiert sich an konkreten methodischen Handlungsleitfäden (vgl. Barzel et al. 2007). Der Prozess forschenden Lernens (Thema nach wissenschaftlichen Kriterien suchen, bearbeiten, diskutieren, reflektieren, präsentieren) wurde in seine Teilaspekte zerlegt. Jeder Teilaspekt (z.B. Thema suchen) wurde als didaktische Methode ausgearbeitet. Sinn und Zweck der Methode ist in einem Leitfaden aufgeführt, der Ablauf wird inklusive Zeitplan vorgeschlagen, E-Learning-Szenarien die passend sind werden vorgestellt und Vorschläge zur Prüfung werden unterbreitet. In Konstanz selbst wird auch die Authentizität genutzt: Möglichst jede Methode bekommt ein „Gesicht“, d.h. es gibt eine Lehrperson an der Hochschule, die damit arbeitet.

Diese speziell entwickelte Methodensammlung, die Aspekte des Lernprozesses im forschenden Lernen aufgreift, steht den Lehrenden zur Verfügung. Die Methoden wurden so entwickelt, dass sie ohne größeren Aufwand in laufende Lehrveranstaltungen integrierbar sind.

Ein Beispiel ist das sogenannte Miniprojekt, das in einer Mathematikveranstaltung praktiziert wird. Den Studierenden wird in der Mitte des ersten Semesters aufgetragen, sich eine mathematisch-ingenieurtechnisch interessante Fragestellung zu suchen und diese zu bearbeiten. Wichtig ist dem Dozenten, die Studierenden dazu zu befähigen, Mathematik im Alltag mit den „Augen eines Ingenieurs“ zu sehen. Dieser Ansatz passt hochschuldidaktisch gesehen zum forschenden Lernen, weil er auf ganz bewusste Weise ein kreatives, themenfindendes Moment in der Mathematik bei den Studierenden auslöst. Die Übung wird daher, parallel zur Vorlesung, nur einmal durchgeführt und die Ergebnisse nur gesammelt und nicht bewertet. Ebenso zählt am Ende nicht die vollständige Lösung des Problems als positives Ergebnis, sondern der von den Studierenden in einem Portfolio abgebildete Forschungs- und Reflexionsprozess. Es handelt sich hier hochschuldidaktisch falsch verstanden um eine „Spielerei“, die aber von Lehrendem und Lernenden ernst genommen wird in ihrer Zukunftsbedeutung und damit einen wichtigen Bestandteil der ingenieurwissenschaftlichen und mathematischen Bildung darstellt.

Eine Einarbeitung in die theoretische Diskussion über forschendes Lernen bleibt den Lehrenden damit zunächst ausgespart. Sie bekommen über die Handlungsleitfäden die Möglichkeit zu experimentieren und erproben so ihre Rolle als Begleiter in der Praxis. Das zu erwartende Minimum des Aufwands lädt dazu ein. In der Diskussion über konkrete methodische Vorschläge offenbaren Lehrende aber stets auch ihre Haltungen gegenüber verschiedenen Lehr-Lern-Szenarien. Hier kann eine hochschuldidaktische Intervention zur Haltung und Einstellung gegenüber forschendem Lernen erfolgen,

ohne dass der Begriff des Begleiters selbst überhaupt thematisiert wird eine theoretische Auseinandersetzung mit Rollenbildern in der Lehre entspinnt. Diese ergibt sich aus den Erfahrungen der Lehrenden.

Der Lübecker Ansatz zur Weiterbildung setzt an einem anderen Punkt an. Um den Lehrenden in ihrer Aufgabe als Begleiter das Verständnis und die Sensibilität in der Begleitung von Studierenden im Forschungsprozess nahe zu bringen, nimmt im Lübecker Trainingskonzept „Universitäres Fachcoaching in MINT“ (Friedewold, Nicolaisen & Schnieder 2014, 2015) die Arbeit mit Ansätzen der Humanistischen Psychologie – insbesondere die Klienten zentrierte Psychologie nach Carl Rogers – eine zentrale Rolle ein: Die Erfahrung am eigenen Leib, „die Auseinandersetzung mit der eigenen Erlebenswelt und deren Grenzen ist der beste Lernprozess, der Empathie auch für andere wachsen lässt“ (Schmid, 1995, S. 150). Nach Tausch und Tausch (1998) fördert gerade die Auseinandersetzung mit der eigenen Person die Persönlichkeitsentwicklung und ist eine wesentliche Voraussetzung zur Gestaltung hilfreicher Beziehungen von Person zu Person. Sie ist eine Bedingung, auf der die Möglichkeit beruht als begleitender Berater hilfreich zu sein.

Gerade die aktive Auseinandersetzung mit dem eigenen Erleben, den eigenen Erfahrungen und dem eigenen Fühlen („Was bedeuten für mich diese Erfahrungen und Erlebnisse?“, „Was fühle ich jetzt dabei?“) kann dem Begleiter helfen, eine vorschnelle Fokussierung auf die formale und schematische Korrektheit in der Bearbeitung einer Forschungsaufgabe zu öffnen. Sie kann ihnen helfen, nicht auf zu rasche und vielleicht zu pauschale „Lösungen“ zu verfallen, die ja gerade nicht notwendig mit dem individuellen Problem des Hilfesuchenden verbunden sind, sondern dann nur „im Kopf des Beraters“ (Schmid, 1995, S. 46) bestehen.

Im Workshop bearbeiten die Lehrenden zunächst eine konkrete Forschungsaufgabe, während der sie von der Workshopleitung – nun in der Rolle als Begleiter – auf ihrem Lösungsweg unterstützt werden. Durch das Lernen am Modell der Workshopleitung erhalten die Lehrenden auf diesem Weg ein Beispiel für die inhaltliche und pädagogische Gesprächsführung und Impulsgestaltung während der Arbeit an ihrem Forschungsproblem. In einem zweiten Schritt beraten die Lehrenden, nun selber in der Rolle der Begleiter, andere Teilnehmergruppen bei der Bearbeitung konkreter Forschungsaufgaben. Die regelmäßige Metareflexion auf die von den Lehrenden selbst erprobten Theorie- und Praxisteile wie auch auf die methodische Gestaltung der Schulung insgesamt sichert den konsequenten Praxistransfer.

Die Hauptintention der Weiterbildung besteht darin, den Lehrenden wissenschaftsphilosophische Werkzeuge, wie sie etwa im Anschluss am Logischen Konstruktivismus (Janich 1997) und am Konzept einer „Wissenschaft als Handlung“ (Holzkamp 1968) entwickelt wurden, wissenschaftsdidaktische Werkzeuge zur selbstständigkeitsorientierten Gestaltung fachübergreifender Prozesse forschenden Lernens und problemlösenden Denkens, wie sie etwa im Anschluss an Überlegungen von von Hentig (2003), Huber (2015), Schneider und Wildt (2013) entwickelt wurden sowie kommunikationspsychologische Werkzeuge und Haltungen, wie sie in enger Orientierung an und Auseinandersetzung mit den Leitlinien professioneller Beziehungsgestaltung nach Carl Rogers (1974, 1984) sowie weiterer Ansätze aus Coaching (Pallasch, Kölln & Hänslar 2011) und Lerncoaching (Nicolaisen 2013) entwickelt wurden, zu vermitteln.

Aus dem Bereich der Kommunikationspsychologie geht es neben der Vermittlung von Elementen der Arbeit mit dem Inneren Team (Schulz von Thun 2003, Kumbier 2014) um die Fähigkeit zur professionellen Kommunikation, welche neben dem Fachwissen eine Grundkompetenz in der Begleitung von Problemlöse- und allgemein Forschungsprozessen darstellt. Der Erwerb solcher Kompetenz wird durch praxisbezogene Trainingssequenzen einzelner sogenannter Gesprächs-Bausteine gefördert, wie sie den Konzepten pädagogisch-psychologischer Gesprächsführung (Nicolaisen 2013) sowie der personenzentrierten Kommunikation (Motschnig & Nykl 2009) entstammen.

Mathematikdidaktische Aspekte

Einen mathematikdidaktischen Schwerpunkt bildet die Vermittlung eines Grundgerüsts (nicht nur) mathematischer Problemlösestrategien (Schoenfeld 1994, Bruder & Collett 2011 und insbesondere Mason, Burton & Stacey 2008) zusammen mit Formulierungshilfen für strategische Interventionen (Link 2011). Hierbei handelt es sich um Frage-, Hinweis- und Impulstechniken, mit denen das Nachdenken der forschend Lernenden auf strategisch relevante Aspekte einer Aufgabe gelenkt werden soll, ohne inhaltlich zu viel vorwegzunehmen bzw. vorzuschreiben. Solche Techniken dienen der situations- und sachspezifischen Umsetzung heuristischer Überlegungen und können gezielt im Rahmen individueller Beratungsgespräche z.B. zu konkreten Modellierungsaufgaben eingesetzt werden.

5 Reflexion der Weiterbildungsansätze

In Abschnitt 4 wird ersichtlich, dass die Weiterbildungsansätze relativ fachunabhängig angelegt sind und sich auch nur zum Teil mit mathematikdidaktischen Arbeiten anreichern lassen. Ein besonders schwieriger und wichtiger Punkt der Weiterbildungsarbeit liegt, um noch einmal auf Abbildung 2 hinzuweisen, auf der Beeinflussung der Lehrenden in ihrem eigenen Umgang mit dem (mathematischen) Problem bzw. in Bezug auf den eigenen Anspruch an die Bearbeitung des Forschungsauftrages.

Forschungsprobleme zu lösen ist, so könnte man zugespitzt formulieren, immer individuell schwierig: Das Problem beim Problem ist nicht das Problem, sondern ‚Ich und das Problem‘. Diese Binsenweisheit gilt nicht nur in Therapie, Coaching und Beratung, sondern auch im Blick auf die beratende Begleitung bei der Bearbeitung von Forschungsproblemen. Das tatsächliche Problem und die konkrete Schwierigkeit beim Lösen einer schwierigen Aufgabe, d.h. eines Forschungsproblems ist immer insofern einmalig – so könnte man in Anlehnung an Schmid (1995, S. 46) sagen – als es sich letztlich aus den individuellen Eigenheiten der Person ergibt und verstehen lässt.

Forschungskompetenzen zu vermitteln, bedeutet deshalb für die Lehrenden nicht nur, individuelle mathematische Problemlösungsprozesse auf rein kognitiver Ebene unterstützen zu können. Es geht darum, auch der Gesamtbefindlichkeit und dem inneren Erleben der zu beratenden Studierenden wertschätzend, einführend und authentisch Rechnung zu tragen. Deswegen sollten Lehrende, die Forschungsprozesse anregen und begleiten, gerade nicht nur auf die rein fachlichen Aspekte fokussieren, sondern auch für Fragen nach Motivation, Selbstwirksamkeitsüberzeugungen etc. – gleichsam als Thema hinter dem Thema – offen und sensibel sein. Für gelingendes forschendes Lernen d.h. für die hilfreiche Begleitung und Unterstützung beim Mathematiklernen, ist es

deshalb von besonderer Bedeutung, das Individuum in den Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen und nicht das (Forschungs-)Problem. Dies kann nur gelingen, so unsere Vermutung, wenn eine bestimmte innere „Haltung“ vorliegt, die sich nicht allein auf den Umgang mit dem Lernenden bezieht, sondern den eigenen Zugang zum Problem einschließt.

Ein übergeordnetes Ziel der hier beschriebenen Workshop-Konzepte besteht also nicht in erster Linie darin, den Lösungsprozess spezieller Forschungsprobleme zu unterstützen. Vielmehr geht es darum, „dem Individuum zu helfen, sich zu entwickeln, so dass es mit dem gegenwärtigen Problem und mit späteren Problemen auf besser integrierte Weise fertig wird“ (Rogers, 2010, S. 36). Der Dozent in der Rolle des Forschungsbegleiters muss verstehen, dass das „tatsächliche Problem“ in der konkreten Schwierigkeit des hilfeschuchenden Studierenden besteht und „insofern einmalig ist und daher gar nicht verstanden werden kann, wenn sich der Berater nicht der Person zuwendet, die das Problem hat“ (Schmid, 1995, S. 46).

Mit spezifischer Haltung wird hier also der sinnvolle pädagogische Einsatz der Lehr- bzw. Begleitperson im didaktischen Setting beschrieben. Wenn wir die Wahl des didaktischen Settings als Normierung begreifen, dann ist Haltung die fundierte Auseinandersetzung mit den übergeordneten Konsequenzen des Handelns in diesem Setting. Die theoretische Ausarbeitung dieses „Haltungsbegriffes“ steht noch aus, erste Ansätze dazu finden sich bei Berendes (2014).

6 Fazit und Ausblick

Antworten auf die Ausgangsfragen wurden skizziert: Ja, forschendes Lernen lässt sich auch in Mathematik umsetzen, auch wenn es um die – von uns normativ geforderte – Auseinandersetzung mit der fachinhaltlichen Struktur geht.

Weiterbildungskonzepte für Forschungsbegleiter, die es bisher nicht gab, stellen wir mit unserem Beitrag in aller Kürze vor; insofern stellt unser Beitrag einen ersten Versuch dar, dieses Desiderat zu bearbeiten.

Seminarmethodisch werden die Workshops als „Lernen am Modell“ inszeniert und wollen geradezu als Folie für die spätere Begleitungsaufgabe dienen. Im Anschluss an Schlippe und Schweitzer (2013) geht es darum, den Spielraum der eigenen Reflexions- und Handlungsmöglichkeiten zu erweitern oder allererst zu erschließen.

Aus der Meta-Perspektive betrachtet ist auch dieses Unterfangen hoch individuell und hoch riskant – und zwar für den hier Lernenden, den Dozenten. Der Weiterbilder muss also selbst einfühlsam genug sein, um den Dozenten hier unterstützen zu können. Dies scheint eines der Desiderate in der Hochschuldidaktik zu sein: Dass gleichzeitige mathematische Fach- und Forschungs- gepaart mit didaktischer Fach- und Vermittlungskompetenz selten anzutreffen sind. Es bleibt also die Frage offen, wer solche Fortbildungen durchführt.

Die Konzeption von Fortbildungen ist immer ein eigenes Forschungs- und Entwicklungsprojekt. Neben der Frage: „Was sollte sein?“ steht immer die Frage: „Was funktioniert?“ im Zentrum der Entwicklung. Diese Fragen können wir teilweise in diesem Artikel beantworten. Die vorgestellten Workshops stoßen auf Interesse und zwar sowohl bei Lehrenden, als auch in der Hochschuldidaktik. Nicht beantworten können wir

derzeit die Frage nach der Nachhaltigkeit. Wie viele der Teilnehmer setzen eigene Methoden um? Wird der Handlungsspielraum erweitert? Ändern sich Haltungen? Unsere Workshops sind nur ein Baustein von vielen im Lernprozess von Lehrenden.

Literaturverzeichnis

- BAK (1970). *Forschendes Lernen – Wissenschaftliches Prüfen*. Bonn: Schriften der Bundesassistentenkonferenz, 2. Aufl.
- Barzel, B., Büchter, A. & Leuders, T. (2007). *Mathematik Methodik – Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Baumert, J., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S., Blum, W. & Neubrand, M. (2004). *Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und -Schüler und ihrer Lehrkräfte*. In M. Prenzel et al. (Hrsg.), *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann, S. 123–234.
- Bausch, I. et al. (Hrsg.). (2014). *Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Berendes, J. (2014). *Eine Frage der Haltung? – Überlegungen zu einem neuen (und alten) Schlüsselbegriff für die Lehre*. In: Rentschler, M. & Metzger, G. (Hrsg.). *Perspektiven angewandter Hochschuldidaktik – Studien und Erfahrungsberichte*. Aachen: Shaker, S. 229-258.
- Bruder, R. & Collet, C. (2011). *Problemlösen lernen im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bikner-Ahsbahr, A., Dreher, F., Schäfer, I. (2013): *Forschendes Lernen von Anfang an? – Plenumsprojekte in Analysis und Linearer Algebra*. In: Huber, L., Kröger, M., Schelhowe, H. (Hrsg.): *Forschendes Lernen als Profilvermerkmal einer Universität*. Bielefeld: UVW, S. 73 – 90.
- Chalmers, A. F. (2007). *Wege der Wissenschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ciampi, L. (2013). *Gefühle, Affekte, Affektlogik*. Wien: Picus.
- Collins, A.; Brown, J. S. & Newman, S. E. (1987). *Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics (Technical Report No. 403)*. BBN Laboratories, Cambridge, MA. Centre for the Study of Reading, University of Illinois. January, 1987.
- Cornelius-White, J. (2007). *Teachers Who Care Are More Effective: A Meta-Analysis of Learner-Centered-Relationships*. *Review of Educational Research*, 77(1), 1–31.
- Cornelius-White, J. & Harbaugh, A. (2010): *Learner-Centered Instruction*. Los Angeles: SAGE.
- Friedewold, D.; Nicolaisen, T. & Schnieder, J. (2014). *Tutorienleitung und Universitäres Fach-Coaching in der Mathematik*. In: Paravicini, W., Schnieder, J. (Hrsg.): *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2013. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am 08. & 09. November 2013 an der Universität zu Lübeck*. WTM-Verlag, Münster.
- Friedewold, D.; Nicolaisen, T. & Schnieder, J. (2015). *Lernstrategien im Rahmen mathematischer Tutorien und tutorieller Fachcoachings*. In: Nicolaisen, T., P.-Y. Martin (Hrsg.): *Lernstrategien fördern: Modelle und Praxisszenarien*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Funke, J. (2003): *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Funke, J. & Zumbach, J. (2006). Problemlösen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.): Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 206-220.
- Heintz, B. (2000). Die Innenwelt der Mathematik. Wien, New York: Springer.
- Hentig, H. von (2003). Wissenschaft. Eine Kritik. Weinheim und Basel: Beltz.
- Holzkamp, K. (1968). Wissenschaft als Handlung. Berlin: De Gruyter.
- Huber, L. (2013). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: Huber, L.; Hellmer, J.; Schneider, F. Forschendes Lernen im Studium – Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld: UVW, S. 9-35.
- Huber, L. (2015). Forschendes Lernen: Begriff, Begründungen und Herausforderungen, <https://dbs-lin.rub.de/lehreladen/lehrformate-methoden/forschendes-lernen/begriff-begrueudungen-und-herausforderungen/> (letzter Zugriff: 24.03.2015)
- Janich, P. (1997). Kleine Philosophie der Naturwissenschaften. München: Beck.
- Janich, P. (2015). Vom Handwerk zum Mundwerk. München: Beck.
- Kanigel, R. (1993). Der das Unendliche kannte. Braunschweig: Vieweg und Teubner.
- Kumbier, D. (2014). Das innere Team in der Psychotherapie. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Link, F. (2011). Problemlöseprozesse selbstständigkeitsorientiert begleiten. Wiesbaden: Vieweg und Teubner.
- Mandl, H. & Friedrich, H. (2006). Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe.
- Martin, P.-Y. (2012). Lernstrategien und Umgang mit ICT von Studienanfängerinnen und -anfängern (Dissertation). Zürich: Universität Zürich.
- Mason, J.; Burton, L. & Stacey, K. (2008). Mathematisch denken (5. Aufl.). München: Oldenbourg.
- McLeod, D. & Adams, V. (2012). Affect and Mathematical Problem Solving. New York: Springer.
- Miller, R. (2011). Beziehungsdidaktik (5. überarb. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz.
- Motschnig, R. & Nykl, L. (2009). Konstruktive Kommunikation. Sich und andere verstehen durch personenzentrierte Interaktion. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Nicolaisen, T. (2013). Lerncoaching Praxis. Weinheim und Basel: Beltz.
- Pallasch, W., Kölln, D. & Hänslar, H. (2011). Pädagogisches Gesprächstraining: Lern- und Trainingsprogramm zur Vermittlung pädagogisch-therapeutischer Gesprächs- und Beratungskompetenz (8. Aufl.). Weinheim: Beltz Juventa.
- Reinmann, G. (2013). Wie praktisch ist die Universität? Vom situierten zum Forschenden Lernen mit digitalen Medien. In: Huber, L.; Hellmer, J.; Schneider, F. Forschendes Lernen im Studium – Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld: UVW, S. 36-52
- Rogers, C. (1974). Lernen in Freiheit. München: Kösel.
- Rogers, C. (1984). Freiheit und Engagement. München: Kösel.
- Rogers, C. & Lyon, H. & Tausch, R. (2014). On Becoming an Effective Teacher. London, New York: Routledge.
- Schlippe, A. & Schweitzer, J. (2013): Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Schmid, P. (1995). Personale Begegnung (2. Aufl.). Würzburg: Echter Verlag.

- Schneider, R. & Wildt, J. (2013). Forschendes Lernen und Kompetenzentwicklung. In: Huber, L.; Hellmer, J.; Schneider, F. Forschendes Lernen im Studium – Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld: UVW, S. 53-68.
- Schoenfeld, A. (1994). Mathematical Thinking and Problem Solving. New York, London: Routledge.
- Schulz von Thun, F. (2003). Miteinander Reden 3. Reinbek: Rowohlt
- Straka, G. A. (2006). Lernstrategien in Modellen selbst gesteuerten Lernens. In: Mandl, H. & Friedrich, H. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 352-364.
- Streblo, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In: Mandl, H. & Friedrich, H. (Hrsg.): Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 390-404.
- Sünkel, W. (1996). Phänomenologie des Unterrichts. Weinheim und Basel: Beltz.
- Stekeler-Weithofer, P. (2008). Formen der Anschauung: Eine Philosophie der Mathematik. Berlin: De Gruyter.
- Tall, D. (2013). How Humans Learn to Think Mathematically. Cambridge: Cambridge University Press
- Tetens, H. (2013). Wissenschaftstheorie. Eine Einführung. München: Beck.
- Tausch, A. & Tausch, R. (1999). Erziehungspsychologie. 11. Auflage, Göttingen: Hogrefe.
- Winteler, A. (2011). Professionell lehren und lernen – Ein Praxisbuch. Darmstadt: WBG.
- Zech, F. (1998). Grundkurs Mathematikdidaktik. 10. Auflage, Weinheim und Basel: Beltz.