



Blick in die Wissenschaft 32

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

„Sie erträgt den Himmel nicht“

Zeitgenössische Kontexte literarischer Texte über
Ballonfahrten

Die Farbe unseres Gedächtnisses

Wie die Farbe von Objekten unser Erinnerungs-
vermögen beeinflusst

Physik als Weg der Weltbegegnung

Grammatik des Lehrens und Lernens

Heißes Herz und kalte Noten

Carl Philipp Emanuel Bach zwischen Ekstase und
Musikphilologie

Der Kampf des Gehirns gegen eindringende Krebszellen

Die organspezifische Abwehr?

Über Menschliches und Übermenschliches

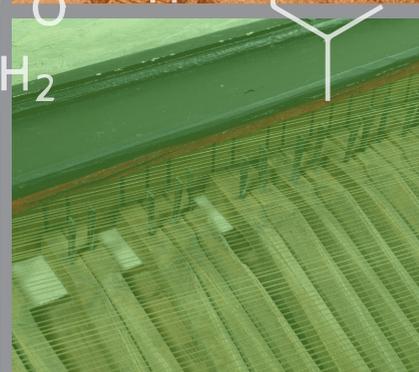
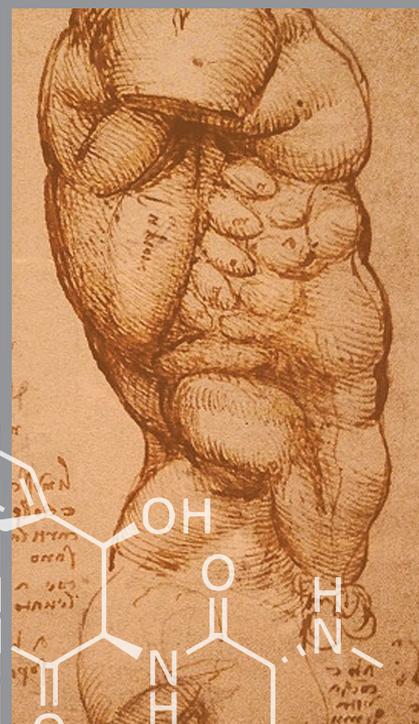
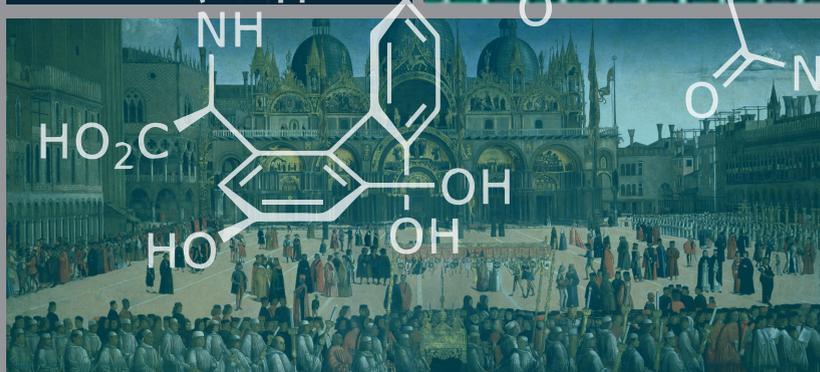
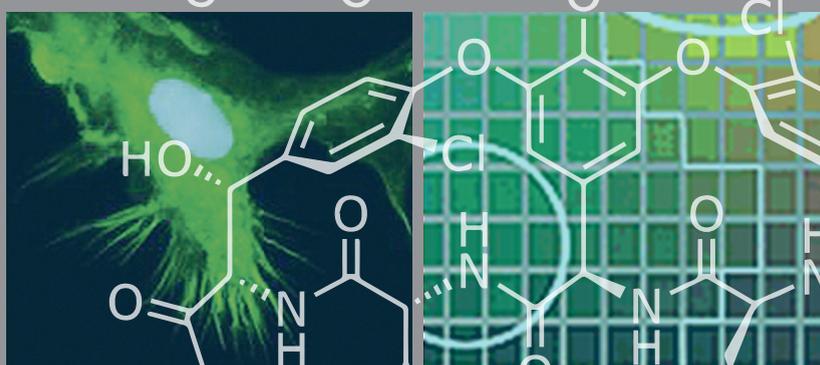
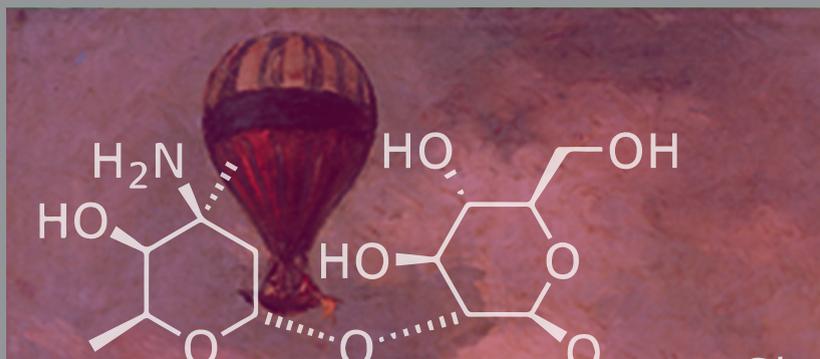
Zum *anthropological turn* der Philosophie

Die Stadt als Bühne

Einzüge, Umzüge und religiöse Prozessionen
in der mittelalterlichen Stadt

„Make it stick“

Kovalente Inhibitoren in der Medizinforschung



Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin
der Universität Regensburg
 ISSN 0942-928-X, Heft 32/24. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel
 Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. med. Reinhard Andreesen
 Prof. Dr. rer. pol. Susanne Leist
 Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel
 Prof. Dr. phil. Ursula Regener
 Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter
 Prof. Dr. phil. Hans Rott

Universität Regensburg, 93040 Regensburg
 Telefon (09 41) 9 43-23 00
 Telefax (09 41) 9 43-33 10

Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH
 Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg
 Telefon (09 41) 7 87 85-0
 Telefax (09 41) 7 87 85-16
 info@univerlag-regensburg.de
 www.univerlag-regensburg.de
 Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland

Abonnementservice

Bastian Graf
 b.graf@univerlag-regensburg.de

Anzeigenleitung

Niclas Martens
 info@univerlag-regensburg.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH
 info@univerlag-regensburg.de

Einzelpreis € 7,00

Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr

€ 10,00 / ermäßigt € 9,00

für Schüler, Studenten und Akademiker
 im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt)
 zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je
 Ausgabe. Bestellung beim Verlag

Für Mitglieder des **Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.

In dem zentralen Handlungsfeld der Forschungsförderung verfolgt die Universität Regensburg gegenwärtig vor allem drei strategische Ziele: Stärkung der SFB-Felder und Weiterentwicklung der interdisziplinären Netzwerke, Etablierung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen sowie Nachwuchsförderung. Um die Forschungsaktivitäten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in diesem Sinne zu unterstützen und die nötigen Freiräume zu schaffen, hat die Universität Regensburg in den vergangenen Semestern mehrere neue Programme aufgelegt.

Das neu geschaffene und bayernweit einzigartige Academic Research Sabbatical-Programm (ARSP) verbessert die Arbeitsbedingungen von Nachwuchswissenschaftler/innen auf Stellen als Akademische Rätinnen bzw. Akademische Räte auf Zeit durch die Freistellung von Lehr- und Verwaltungsaufgaben. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Erhöhung der Berufungschancen, die internationale Vernetzung, die Drittmittelbeantragung sowie die Förderung von Frauen in der Wissenschaft gerichtet.

Da der Freiraum für Forschung zunehmend eine wertvolle Ressource geworden ist, hat die Universitätsleitung auch bei der Neugestaltung des Verfahrens zur Deputatsermäßigung für Professoren/innen Forschungsaktivitäten und Antragsvorhaben besondere Bedeutung beigemessen.

Für Professorinnen und Professoren, die bereits auf eine erfolgreiche wissenschaftliche Karriere zurückblicken und weiterhin ihre Forschungsprojekte an der Universität Regensburg verfolgen möchten, wurde das Programm „Emeriti Research Fund“ (ERF) aufgelegt. Es richtet sich an Professoren/innen, die seit 2012 in Ruhestand getreten sind bzw. bis 2018 aus dem Dienst ausscheiden. Die Universitätsleitung kommt mit diesem Programm dem zunehmenden Bedürfnis nach Unterstützung von Forschungsarbeiten auch am Übergang in den Ruhestand nach.

Neben diesen Programmen steht die infrastrukturelle Unterstützung durch Information und Beratung in Zukunft noch mehr im Mittelpunkt. Die Universitätsleitung hat in Kooperation mit der Frauenbeauftragten der Universität eine neue Vortragsreihe initiiert, die über Fördermöglichkeiten, Antragsmodalitäten, Projektmanagement und Vernetzungsoptionen informiert. Zur Umsetzung dieser und anderer forschungsfördernder Initiativen wurde zudem eine zusätzliche EU-Refere-



© Referat Kommunikation UR

rentenstelle eingerichtet, die insbesondere Aktivitäten zu Horizon 2020 in den Fokus nimmt.

Für die zukunftsorientierte Entwicklung der Universität Regensburg, gerade auch im Hinblick auf die Fortführung der Exzellenzinitiative, ist es besonders wichtig, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen vor Ort anzusiedeln. Die Universitätsleitung strebt in diesem Zuge mit voller Kraft an, das Institut für Ost- und Südosteuropaforschung (IOS) und das Regensburger Centrum für Interventionelle Immunologie (RCI) in Institute der Leibniz-Gemeinschaft zu überführen.

Diese nach innen gerichteten strategischen Bestrebungen werden ergänzt um die Außendarstellung von Wissenschaft und Forschung in der Öffentlichkeit. Um die Forschungsleistungen und -erfolge der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen unserer Universität noch transparenter zu machen und den Transfer in die außeruniversitäre Öffentlichkeit zu intensivieren, erfolgt die Berichterstattung auf der neu gestalteten Webseite der Universität verstärkt forschungsorientiert und bildbasiert. Dieses Ziel verfolgt auch das Forschungsmagazin Blick in die Wissenschaft, das die Universität Regensburg in ihrer wissenschaftlichen Vielfalt, Lebendigkeit und Leistungsfähigkeit abbildet. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine spannende und anregende Lektüre.

Präsident der Universität Regensburg
Prof. Dr. Udo Hebel

Inhalt

Literaturwissenschaften



„Sie erträgt den Himmel nicht“

Zeitgenössische Kontexte literarischer Texte über Ballonfahrten
Ursula Regener

3

Psychologie

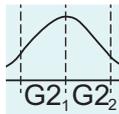


Die Farbe unseres Gedächtnisses

Wie die Farbe von Objekten unser Erinnerungsvermögen beeinflusst
Christof Kuhbandner

11

Physik



Physik als Weg der Weltbegegnung

Grammatik des Lehrens und Lernens
Karsten Rincke, Christian Maurer

16

Musikwissenschaft

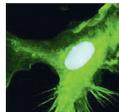


Heißes Herz und kalte Noten

Carl Philipp Emanuel Bach zwischen Ekstase und Musikphilologie
Wolfgang Horn

23

Medizin



Der Kampf des Gehirns gegen eindringende Krebszellen

Die organspezifische Abwehr?
Tobias Pukrop

28

Philosophie



Über Menschliches und Übermenschliches

Zum *anthropological turn* der Philosophie
Elif Özmen

32

Geschichtswissenschaften

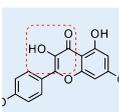


Die Stadt als Bühne

Einzüge, Umzüge und religiöse Prozessionen in der mittelalterlichen Stadt
Sabine Reichert

38

Chemie und Pharmazie



„Make it stick“

Kovalente Inhibitoren in der Medizinforschung
Sabine Amslinger

42

Physik als Weg der Weltbegegnung

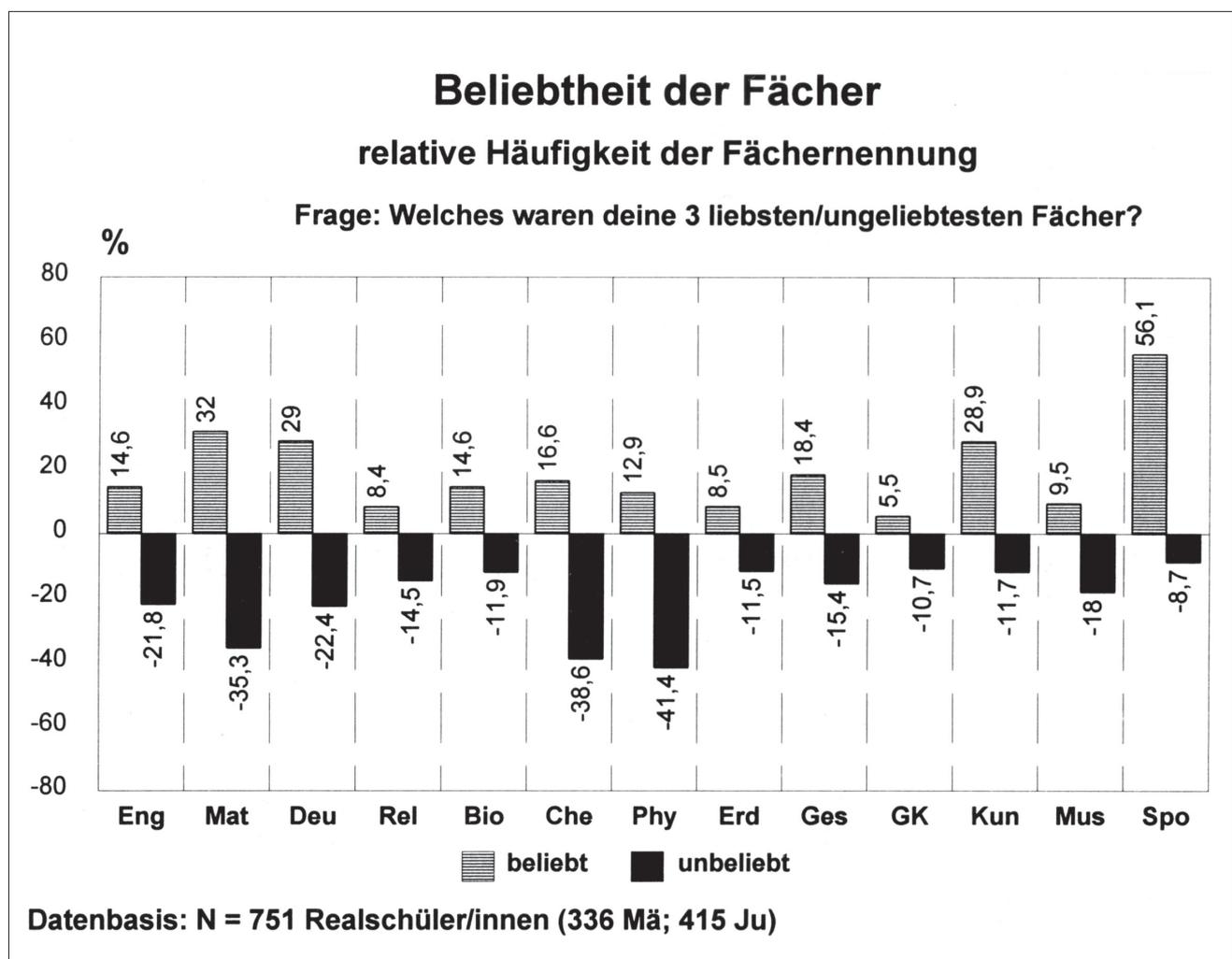
Grammatik des Lehrens und Lernens

Karsten Rincke und Christian Maurer

Die Diskussion über die Qualität von Physikunterricht leidet unter der Verbreitung und ungebrochenen Akzeptanz zahlreicher Mythen, die gern in die Forderung danach ge-

wendet werden, welche Unterrichtsmerkmale im Interesse eines »besseren Unterrichts« zu steigern seien: Der Unterricht solle »alltags-« oder »anwendungsnäher«, »schülerorientierter« oder »aktivierender« sein. Viele dieser Merkmale erweisen sich bei genauerem Hinsehen als äußerlich. So ist ein Unterricht, in dem ein äußerlich sichtbar

lerorientierter« oder »aktivierender« sein. Viele dieser Merkmale erweisen sich bei genauerem Hinsehen als äußerlich. So ist ein Unterricht, in dem ein äußerlich sichtbar



¹ Daten zur relativen Beliebtheit (Muckenfuß, 1995, S. 76). Das Fach Physik hat vergleichbar viele überzeugte Anhänger wie Biologie oder Englisch. Es hat jedoch sehr viel mehr erbitterte Gegner – insgesamt verteilt sich mehr als die Hälfte einer durchschnittlichen Schulklasse auf zwei einander gegenüberstehende Lager. Die Abbildung zeigt ältere Daten, aktuellere Daten aus internationalem Umfeld schlüsseln jedoch das Fach Science nicht in die drei uns gewohnten Naturwissenschaften auf und lassen daher keinen so detaillierten Blick zu.

reges Treiben in Gestalt von Schülerexperimenten herrscht, dem allgemeinen Verständnis nach »schülerorientiert« und »aktivierend«. Ob er auch lernwirksam ist, ist indessen alles andere als gesichert: Eine äußerliche »Aktivität« erzwingt mitnichten auch eine kognitive, und entsprechend lässt sich wunderbar ohne jeden Lernzuwachs mit Gerätschaften hantieren. Eigenschaften der eben gelisteten Art sind, sofern sie als primäre Ziele einer guten Unterrichtsgestaltung angesehen werden, irrelevant. Der gute Unterricht erreicht diese Ziele, jedoch als Folge der guten Qualität, nicht ihrer Voraussetzung.

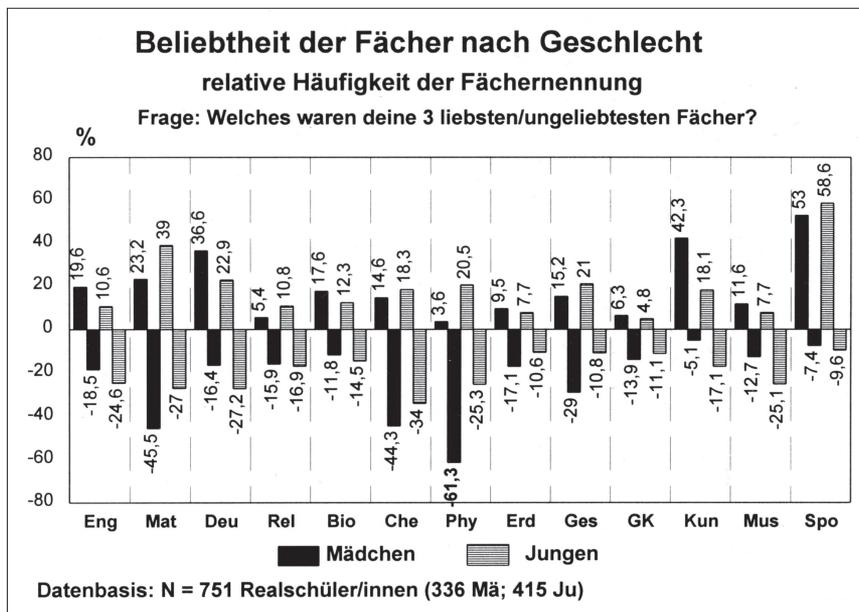
gegenübersteht wie Physik. In seiner polarisierenden Wirkung ist es nur den Fächern Mathematik und Chemie vergleichbar.

Schülerinnen wenden sich ab

Abbildung [2] zeigt dieselben Daten nach Geschlechtern aufgeschlüsselt und liefert damit ein bestürzendes Bild.

Dass sich relativ viele Schüler, vor allem aber Schülerinnen im Verlauf ihrer Schulzeit von der Physik abwenden, wird allgemein als ein Problem angesehen, wenn auch in vielen Fällen aus zweifelhaften Gründen:

len Identität. 13-jährige wollen mündig werden. Sie wollen und sollen nicht an ihr Funktionieren in einem industriellen Produktionsprozess denken. Wenn sich ihnen der Physikunterricht verschließt, dann ist das nicht deshalb bedauerlich, weil uns damit womöglich potente Ingenieurinnen verloren gehen. Es zeigt, dass wir gegenüber einer großen Gruppe angesichts des Ziels versagen, Physik als einen Weg der Weltbegegnung vorzustellen. Sie ist ein Weg unter mehreren denkbaren. Musik, Kunst, Sprach- oder allgemein die Geisteswissenschaften pflegen andere, für sie charakteristische Wege der Weltbegegnung. Allgemeine Bildung bedeutet, mehrere dieser Wege in Ansätzen beschränkt zu haben, auch ihre Grenzen zu ahnen und sie nicht in geeignet oder wertlos scheiden zu wollen. Allgemeine Bildung ist in unserem Kulturkreis ohne Naturwissenschaft nicht denkbar.



2 Daten zur relativen Beliebtheit (Muckenfuß, 1995, S. 77), aufgeschlüsselt nach Geschlecht: Offenbar sind es fast nur Jungen, die Physik mögen, und größtenteils Mädchen, für die Physik ungeliebt ist. In den Fächern Biologie oder Englisch, mit denen in Zusammenhang mit Abbildung [1] verglichen wurde, ist die Situation bei weitem nicht so disparat.

Polarisierender Physikunterricht

Dass der Physikunterricht als entwicklungsbedürftig gilt, scheint Konsens zu sein. Menschen, die beruflich mit Physik zu tun haben, kennen das: Auf ihren Beruf hin gefragt, fängt ihr Gegenüber an, mit den Augen zu rollen oder Luft zu holen, um dann die desaströsen Erfahrungen aus dem Physikunterricht der eigenen Schulzeit an Beispielen zu illustrieren. Der Physikunterricht polarisiert. Abbildung [1] zeigt, dass das Fach Physik zwar vergleichbar viele erklärte Anhänger hat wie einige andere Fächer – etwa Biologie oder Englisch, und dass es beliebter ist als Erdkunde. Sie zeigt aber auch, dass kein anderes Schulfach einer solchen Front erbitterter Gegner

Der vorgeblich drohende Mangel an Fachkräften, der unseren Wohlstand, unsere Wettbewerbsfähigkeit als Nation im globalen Vergleich gefährde, sei es, der uns als Gestalter von Lernumgebungen in der Schule bewegen solle, alles für die Förderung des Interesses am Fach Physik zu tun – so die politische Rhetorik. Die Argumentation verkennt, dass allgemeinbildende Schulen primär ein anderes Ziel vor Augen haben, auf das ihre Bezeichnung unmittelbar hinweist. Physikunterricht an diesen Schulen gehorcht keinen arbeitsmarktpolitischen Erwägungen, sondern er hat der Idee zu folgen, Physik als einen Modus der Weltbegegnung – eine vor allem von Jürgen Baumert geprägte sprachliche Wendung – zu vermitteln. Physik ist Teil unserer kulturel-

Ursachen

Unterricht ist ein komplexes Gefüge, angesichts dessen es schwierig ist, Ursachen für Probleme in pointierter Weise benennen zu wollen, zumal es voraussetzt, hierfür auch einen Nachweis führen zu können. Ein Vorwurf gegen den zeitgenössischen Physikunterricht lautet, dass er nach wie vor die Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Auge habe und damit am Bildungsbedürfnis einer Mehrheit der Schülerinnen und Schüler vorbeigehe.

Wie sieht der Unterricht aus, gegen den sich diese Kritik richtet? Es gibt Befunde einer großangelegten Videostudie des Physikunterrichts in Deutschland (178 videografierte Unterrichtsstunden). Die Videos wurden dabei auf Merkmale hin untersucht, die – gestützt auf theoretische und empirische Befunde – als bedeutsam für das Lernen angesehen werden, und zwar (1) Klassenorganisation, (2) Zielorientierung, (3) Lernbegleitung, (4) Fehlerkultur, (5) Rolle der Experimente. Unter Klassenorganisation werden Kategorisierungen wie Lehrervorträge, Klassengespräche oder Diktate als lehrerzentrierte, Einzel-, Still- oder Gruppenarbeiten als schülerzentrierte Formen der Klassenorganisation verstanden. Es zeigt sich, dass die aus theoretischer Sicht förderlichen Merkmale selten umgesetzt werden und dass Unterschiede in der Lehrer- bzw. Schülerzentrierung keinen Einfluss auf die Kompetenz- und Interessenentwicklung im Verlauf eines Schuljahres haben.

Konsequenzen für Inhalte oder Methoden? – Weder noch!

Für eine Reihe Autoren ergibt sich die Konsequenz, den Physikunterricht inhaltlich auszuweiten, deutlicher auf Aspekte des Alltags und der Anwendung zu beziehen und ihn auch fachlich von »Ballast« zu befreien. Auch wenn dies auf den ersten Blick überzeugend erscheint, so sei vor diesem Schluss gewarnt: Es ist eine zu einfache Idee, die hofft, das Problem dadurch heilen zu können, dass das in den Hintergrund trete, was das Fach so unbeliebt mache, nämlich Wesentliches des Faches selbst. Auch das Fachliche, das Komplexe, wird zum Bildungsgut, wenn wir es *bildend inszenieren*. Weiter: Den Parameter der Auswahl der Inhalte können wir fürs erste unberührt lassen – hier wurden in den letzten Jahren vielfältige Anstrengungen unternommen, die sich auch augenfällig in der Gestaltung von Lehrbüchern niederschlagen. Hält man sich aber vor Augen, welche Anstrengungen Lehrmittelhersteller um besonders kinder- und jugendlichengerechte Lernmedien heute unternehmen und mit welchem Reformeifer Lehr- oder Bildungsplankommissionen in der letzten Dekade im Gefolge der von der Kultusministerkonferenz formulierten Bildungsstandards zu Werke gegangen sind, so darf man berechtigt fragen, ob hier an der wesentlichen Stellschraube gedreht wird: Obwohl so viele hochattraktive Medien in einem hinsichtlich seiner Vorgaben durchmodernisierten Unterricht zur Verfügung stehen, atmet das Ansehen des Physikunterrichts nicht erkennbar auf.

Das Ergebnis, wonach auch die Frage nach wahlweise *Schüler-* oder *Lehrerzentrierung* unbedeutend sei, weist darauf hin, dass die breit geführte Debatte über Unterrichtsmethoden mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls nicht auf den Kern des Problems zielt: Es ist zwar berechtigt, eine unterrichtsmethodische Monokultur als defizitär zu kennzeichnen, dies aber in die Forderung nach einer Vielfalt der Methoden umzumünzen, greift zu kurz. Lernen braucht nicht vielfältige, sondern dem gesetzten Ziel *angepasste* Methoden, was einen bedeutenden Unterschied macht. Wer im Unterricht unterschiedliche Ziele setzt und je angepasste Methoden wählt, erzeugt die Vielfalt der Methoden ganz nebenbei. Sie ist notwendige Folge, nicht Ziel einer guten Unterrichtsplanung.

Aus den oben genannten fünf Bereichen scheidet die Klassenorganisation also

offenbar als Kandidat für eine entscheidende Stellschraube aus. Anders verhält es sich mit der Zielorientierung (2). Hier wird berichtet, dass ein hinsichtlich seiner Ziele klarer Unterricht als unterstützend wahrgenommen werde und selbstbestimmtes, motiviertes Handeln befördere. In der Folge sei auch der Wissenszuwachs höher.

Lernbegleitende Verhaltensweisen (3) von Lehrkräften wirken sich bei Schülerinnen und Schülern je nach Vorwissen unterschiedlich aus: Solche mit niedrigem Vorwissen profitieren, die mit hohem Vorwissen werden unter Umständen in ihrer Entwicklung beeinträchtigt – hier ist offenbar ein adaptives Verhalten wichtig.

In Bezug auf die Fehlerkultur (4) liegen keine erhärteten Befunde vor, da sich offensichtliche Fälle von Ängstlichkeit oder Beschämung zu selten in den Daten fanden. Wichtig erscheinen jedoch die Ergebnisse zum Experimentieren (5): Hier zeigt sich ein Defizit an systematischer Unterstützung von Lernprozessen.

Insgesamt liegt daher nahe, dass ein solcher Unterricht anzustreben sei, der besonders auf die Steigerung der Indikatoren (2) und (5) abhebt. Solche Forderungen jedoch folgen einer unzulässig simplifizierenden Denkfigur: Es ist augenscheinlich, dass das komplexe System Unterricht nicht dadurch verbessert wird, dass einzelne Indikatoren im Sinne eines Je-mehr-desto-besser gesteigert werden. Forderungen, die dieser Denkfigur folgen, begegnen wir allenthalben, sei es in Gestalt der Forderung nach mehr Schüleraktivität, Methodenvielfalt, Alltagsbezug und so weiter. Jedoch: Fast nichts in unserem Leben, das sich auf Qualität, Ästhetik, Nützlichkeit oder Ähnliches bezieht, folgt dieser Denkfigur – so auch nicht der Unterricht. Es ist nicht die möglichst salzige Suppe schmackhaft, sondern die gut gewürzte, will sagen: Es kommt auf die bestmögliche Orchestrierung verschiedener Indikatoren an, nicht auf ihre bloße Steigerung!

Wissenschaftliche Herangehensweise in Regensburg

Leider sind wir sehr weit davon entfernt, für unterschiedliche Altersgruppen, Vorwissensbasen, Schularten, Fächer, Inhalte etc. erhärtete Aussagen machen zu können, wie eine solche Orchestrierung je auszusehen habe, und vermutlich ist dieses Ziel schon allein deshalb nicht erreichbar,

weil sich im Unterricht auch die Fortentwicklung unserer Gesellschaft spiegelt: Das System ändert sich, während wir es zu verstehen versuchen. In der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik wählen wir daher einen instruktionstheoretischen Ansatz, der einen globalen Vorschlag für die grundsätzlich innere Strukturierung von Lerneinheiten (etwa Unterrichtsstunden) macht. Bei dieser Strukturierung ist nicht an die Abfolge von Tätigkeiten oder Methoden gedacht, sondern an den inneren Bedeutungs- und Verstehenszusammenhang dessen, womit Schülerinnen und Schüler konfrontiert werden. Die Strukturierung stimuliert und organisiert daher den Lernprozess, nicht das, was »gemacht wird«. Innerhalb des strukturierenden Rahmens treten Experimentiergelegenheiten in jeweils definierter kognitiver Funktion auf. Ob sie als Schüler- oder Demonstrationsexperiment durchgeführt werden, legt der Ansatz nicht fest. Der Ansatz verwendet die Indikatoren (2) und (5) als Rahmenvorgaben für die Orchestrierung aller Gestaltungsaktivitäten, ohne einfach nur steigern zu wollen.

Der von uns genutzte instruktionstheoretische Ansatz ist von den Pädagogen und Erziehungswissenschaftlern Fritz Oser und Jean-Luc Patry in die Diskussion eingebracht und durch zahlreiche Arbeiten in der Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht an der Universität Duisburg-Essen für den Physikunterricht verfügbar gemacht worden.

Tiefenstruktur, Sichtstruktur: Grammatik des Lehrens und Lernens

Eine wichtige Idee dieses Ansatzes liegt darin, dass er vier Lehrziele, sog. Basismodelle, unterscheidet, und zwar *Lernen durch Eigenerfahrung*, *Konzeptaufbau*, *Problemlösen* und *Konzeptwechsel*. Er stellt also mitnichten so etwas wie »Entdecken-lassen-des-Lernen« oder »selbstreguliertes Lernen« in den Mittelpunkt, sondern ist für unterschiedliche Zielsetzungen offen. Das ist wichtig, weil Physikunterricht grundsätzlich verschiedene Anliegen verfolgt – diese einem einzigen Ziel unterwerfen zu wollen, führte zwangsläufig zu inneren Widersprüchen und mangelnder Passung zwischen Angestrebtem und Erreichbarem. Für jedes dieser Lehrziele sieht der Ansatz eine Abfolge von Handlungsschritten vor. Diese



Lernen durch Eigenerfahrung		Konzeptaufbau
1	Einführen des Kontextes Inneres Vorstellen und Planen	Bewusstmachen des Vorwissens
2	Handeln im Kontext Erfahren, Erleben, Explorieren	Durcharbeiten des prototypischen Musters Veranschaulichen
3	Erste Ausdifferenzierung und Reflexion	Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien Kontrastieren
4	Verallgemeinern der gefundenen Regelhaftigkeiten	Mit den neuen Konzept aktiv umgehen Anwenden
5	Regelhaftigkeiten auf größere Zusammenhänge übertragen Anwenden	Vernetzen mit bekanntem Wissen Anwenden / Prüfen / Kontrastieren

Tab. 1 Übersicht über die Phasenstruktur der beispielhaft ausgewählten Basismodelle »Lernen durch Eigenerfahrung« und »Konzeptaufbau«. Hervorgehoben sind die Ziele, die in einzelnen Phasen eingesetzte Experimente einnehmen können wie »Erfahren«, »Kontrastieren« oder »Anwenden«.

Basismodelltheorie (90 min)		Forschend-entwickelnder Unterricht (90 min)	
Hinführen zur Thematik	PP	PP	Hinführen zur Thematik
Planung der Experimente	PP	PP	Planung der Experimente
Durchführen der Experimente	Exp	Exp	Durchführen der Experimente
Präsentation der Ergebnisse	Folien	Folien	Präsentation der Ergebnisse
Auswertung und Analyse der Ergebnisse	PP	PP	Auswertung und Analyse der Ergebnisse
Durcharbeiten eines Beispiels	PP	PP	Durcharbeiten eines Beispiels
Transfer und weitere Anwendungsbeispiele	PP + GA	PP + GA	Transfer und weitere Anwendungsbeispiele
Vorhersage eines Experiments	Exp	EXP	Vorhersage eines Experiments

3 Übersicht über die zeitliche Einteilung der Doppelstunden nach der Basismodelltheorie (links) bzw. dem forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren (rechts). PP steht für eine Bildschirmpräsentation, GA für Arbeit in Kleingruppen, Exp für ein Experiment. Die Höhe der einzelnen Zeilen deutet auf die relative zeitliche Länge der betreffenden Unterrichtsphase. Insgesamt sind die Lernzeiten gleich, innerhalb der Stunden gab es minimale Unterschiede in den Dauern einzelner Phasen.

werden jedoch nicht als äußere Tätigkeit beschrieben, sondern durch Ziele charakterisiert, die die Kognition der Lernenden adressieren. Dazu ein Beispiel: **[Tab. 1]** listet die Handlungsschritte zu zwei ausgewählten Lehrzielen (sehr grob) auf. Demnach beginnt eine Lerneinheit zum *Lernen durch Eigenerfahrung* damit, dass sich die Gruppe mit dem Kontext vertraut macht und ihre (experimentellen) Handlungen plant. Ver-

traut-Werden und Planen betreffen die Kognition der Lernenden. Es sind keine äußerlichen Tätigkeitsbeschreibungen, auch ist keine Unterrichtsmethode auf eindeutige Weise mit diesem Schritt verbunden. Welche Methode wie eingesetzt wird, ist Sache der Entscheidung der Lehrkraft. Die je fünf Schritte zu einem Lehrziel bilden eine Reihung, die einen Lernprozess auf den Weg bringt. Jede dieser Reihungen heißt in

diesem Ansatz *Basismodell* und bildet eine *Tiefenstruktur* des Unterrichts ab, weil sie mit dem inneren Verstehenszusammenhang eng verbunden ist. Der theoretische Ansatz heißt daher auch *Basismodelltheorie* (BMT). Rein äußerlich, auf der Ebene der *Sichtstruktur*, sind Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erkennen. Weiter unten wird an einem Beispiel gezeigt, dass diese Sichtstruktur nicht auf einfache Weise auf die

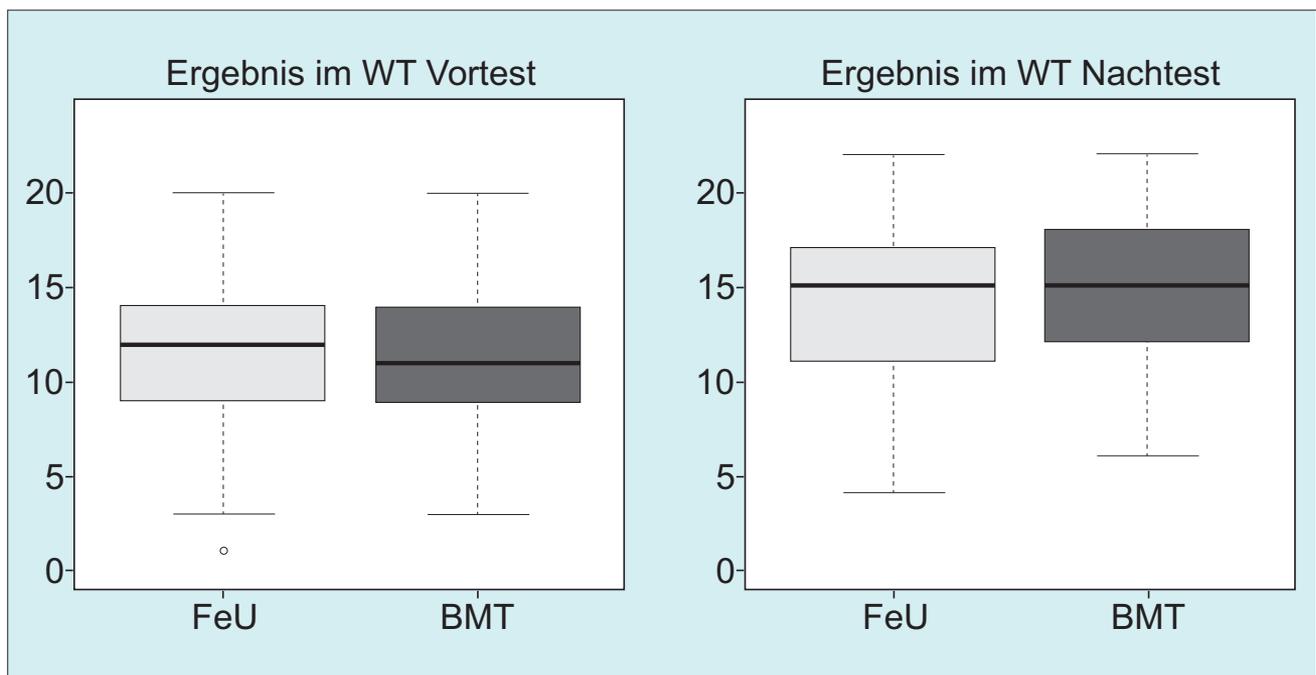
Tiefenstruktur schließen lässt. Das liegt daran, dass zwischen diesen beiden Ebenen keine umkehrbar eindeutige Beziehung besteht. Der Ansatz ist inspiriert von der generativen Transformationsgrammatik Noam Chomskys, die ebenfalls Tiefen- und Oberflächenstruktur der Sprache unterscheidet. Dort ist – vereinfachend gesagt – die Tiefenstruktur mit der Bedeutung der Sprache verbunden, die sich in unterschiedlichen konkret ausgesprochenen Sätzen, also unterschiedlichen Oberflächenstrukturen manifestieren kann. Der instruktionstheoretische Ansatz, der hier umrissen wird, wird daher zuweilen auch als eine »Grammatik des Lehrens und Lernens« bezeichnet. Die Bezugnahme auf die Sprache ist aus verschiedenen Gründen instruktiv, einer sei hier ausgeführt: Muttersprachler sind in der Regel in der Lage, ihre Sprache fehlerfrei zu verwenden. Ihre Grammatik zu explizieren, ist jedoch nur einer entsprechend ausgebildeten Minderheit möglich, und entsprechend ist auch der Sprachunterricht Sache von Experten – obwohl doch so viele Menschen »Deutsch können«. Ähnlich in der Schule: Unterricht, auch guten Unterricht, zu halten, ist durchaus auch immer wieder Menschen möglich, deren diesbezügliche Ausbildung kurz oder gar nicht vorhanden ist. Die theoretischen Grundlagen dieses Unterrichts zu explizieren, ist jedoch nur Personen

möglich, die einen entsprechenden Bildungshintergrund haben, und demgemäß erfolgt die Lehrer(innen)bildung zu einem großen Anteil in einem Expertenumfeld, und eben – hoffentlich – nicht durch einfaches Nachahmen.

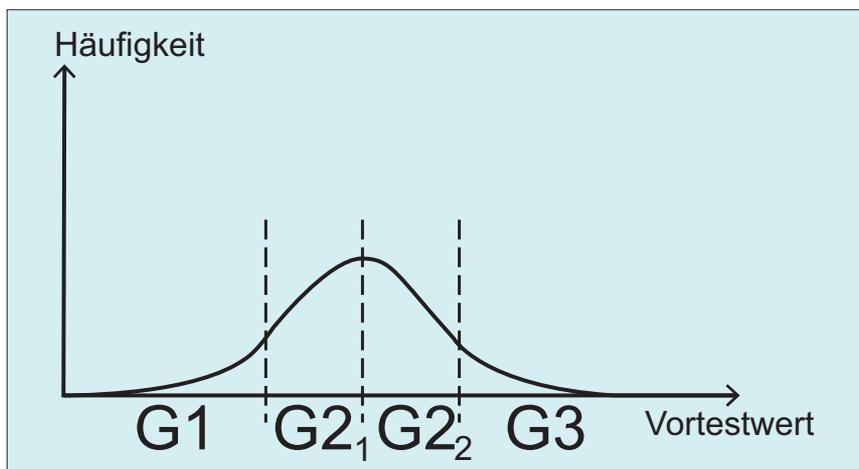
Befunde

Aber lässt sich die Eignung dieses Ansatzes empirisch erhärten? Christian Maurer führt seit 2011 eine ausgedehnte Studie zu dieser Frage in meiner Arbeitsgruppe durch. Dazu hat er eine dem instruktionstheoretischen Ansatz entsprechende Doppelstunde zur Einführung der physikalischen Größe des *Impulses* entworfen. Diese Größe hat Verwandtschaft zu dem, was wir im Alltag vielleicht als »Wucht« oder »Schwung« eines bewegten Gegenstands bezeichnen würden. Die Doppelstunde zielt inhaltlich darauf, dass die Schülerinnen und Schüler erfahren, welcher Zusammenhang zwischen dem *Impuls* eines Gegenstands und seiner Geschwindigkeit bzw. seiner Masse besteht. Darüber hinaus wird die so erfahrene Größe mit dem neuen Begriff *Impuls* belegt. Die Doppelstunde umfasst damit Aspekte des *Lernens durch Eigenerfahrung* und des *Konzeptaufbaus*. Aus diesem Grund weist sie eine komplexere Struktur als jene auf, die

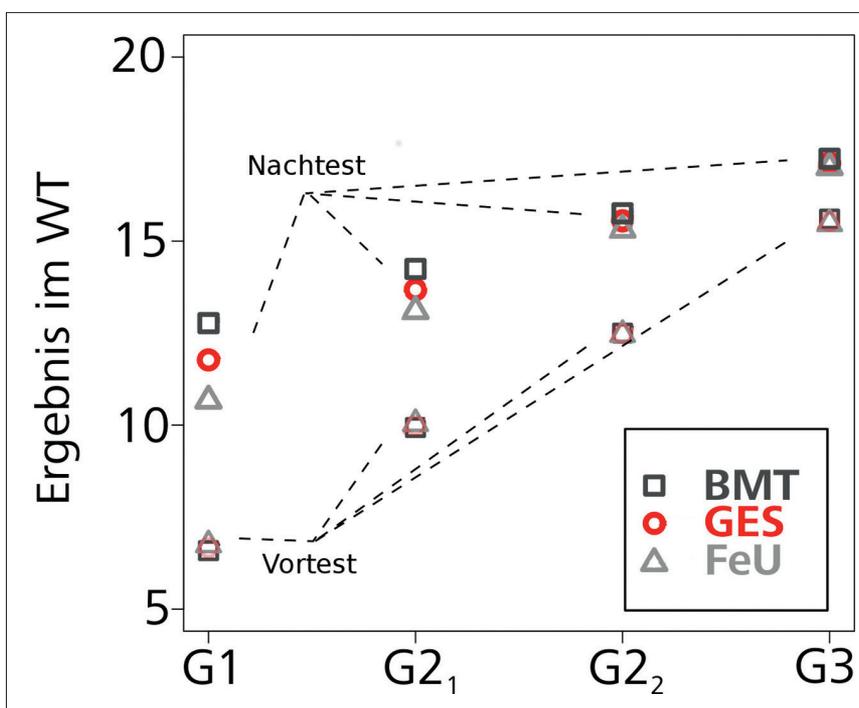
nur fünf Schritte umfassen würde – die beiden genannten Lehrziele werden hier kombiniert. Diese Doppelstunde wird mit einer solchen verglichen, die in ihren inhaltlichen Zielsetzungen, eingesetzten Medien, Methoden und der Lernzeit der ersten entspricht, jedoch einem anderen theoretischen Ansatz folgt. Dieser Vergleichsansatz ist unter der Bezeichnung »*Forschend-entwickelndes Unterrichtsverfahren*« (FeU) bekannt. Der Vergleich bietet sich an, weil beide Ansätze in der Literatur so genau ausgeführt sind, dass es möglich ist, danach Unterricht zu planen, und weil die Hauptautoren beider Ansätze für sich in Anspruch nehmen, dass ihr Vorschlag optimal sei – eine sehr schöne Vorlage für einen Wettstreit. Der Vergleichsansatz unterscheidet sich jedoch in einem möglicherweise bedeutenden Detail: Anders als es das Basismodell *Konzeptaufbau* nach BMT vorsieht, werden in der FeU-Stunde alle neuen Erkenntnisse durch Abstraktion aus dem Experiment gewonnen und nicht auch durch die Lehrkraft erklärt, dargestellt. Abbildung [3] stellt die beiden Doppelstunden einander gegenüber. Diese Übersicht ist mit den Abfolgen in [Tab. 1] nicht direkt zur Deckung zu bringen, da, wie eben beschrieben, für die Doppelstunde nach Basismodelltheorie die Basismodelle *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Konzeptaufbau* kombiniert wurden.



4 Im Vortest unterscheiden sich die Gruppen FeU und BMT nicht signifikant, auch nicht hinsichtlich ihrer Varianz (sichtbar an den ober- und unterhalb der Boxen angedeuteten Intervallgrenzen). Im Nachtest ergibt sich ein hoch signifikanter Unterschied zugunsten BMT für die Mittelwerte, jedoch mit kleiner Effektstärke (nicht im Boxplot gezeigt). Die Mediane (dunklere Linie inmitten der Boxen) sind gleich. Die Varianz in der BMT-Gruppe im Nachtest ist gegenüber dem Vortest signifikant kleiner.



5 Die Versuchsteilnehmer werden in vier Untergruppen geteilt, wobei die Verteilung ihrer Vortestwerte zugrunde gelegt wird: G1 ist die Gruppe der Schülerinnen und Schüler, deren Vortestergebnis mehr als eine Standardabweichung vom Mittelwert der Stichprobe nach unten abweicht, G3 entsprechend nach oben. Die beiden Gruppen G2 sind auf Testwerte bezogen, die innerhalb einer Standardabweichung nach unten bzw. nach oben angesiedelt sind.



6 Gruppe G1 profitiert am deutlichsten. Mit zunehmend gutem Ergebnis im Vortest nimmt der Lernzuwachs ab, jedoch: In allen Gruppen ist die BMT-Studie diejenige, die am ehesten in der Lage ist, die Unterschiede zum Vortestergebnis zu verkleinern.

Die Abbildung zeigt, dass sich die Stunden auf der Ebene der Sichtstruktur praktisch nicht unterscheiden. Aus der Sicht von Nicht-Experten findet in beiden Fällen dasselbe statt. Das erinnert an das oben berichtete Ergebnis, wonach die Frage der sogenannten Lehrer- oder Schülerzentrierung für die Kompetenzentwicklung keine Bedeutung habe. Diese Begriffe sind zumindest im allgemeinen Verständnis auf der Sichtstruktur angesiedelt und erfassen keine relevanten Bedingungen für das Lernen.

Rund 800 Schülerinnen und Schüler (10. Klassenstufe, Gymnasium) haben seither einen Unterricht wahlweise nach der einen oder nach der anderen Methode in unserem Lernforschungslabor erlebt. Vor und nach dem Unterricht bearbeiteten sie einen Wissenstest, zudem wurden weitere Parameter zur Emotion erhoben. Für den Wissenstest ergibt sich ein Vorteil zugunsten der BMT-Stunde [4]. Für ein angemessenes Verständnis der Abbildung ist es wichtig, die Begriffe »Signifikanz« und

»Effektstärke« auseinanderzuhalten: Ein Ergebnis heißt signifikant, wenn es hochwahrscheinlich nicht-zufällig ist. Es ist damit aber noch nicht unbedingt bedeutsam, denn auch nicht-zufällige Ereignisse können unbedeutend sein. Der Begriff der Signifikanz ist also in einer Weise konnotiert, die ihm in der Statistik nicht entspricht. Seine allgemeine, etwas irreführende Konnotation entspricht eher dem Begriff der Effektstärke, diese sagt etwas über die Bedeutsamkeit eines Effekts aus.

Interessant ist eine genauere Analyse der Testergebnisse, wenn das Vortestergebnis als Moderatorvariable hinzu gezogen wird. Dazu wird die Gruppe der Versuchsteilnehmer in vier Untergruppen unterteilt, wie es Abbildung [5] zeigt.

Abbildung [6] gibt Auskunft darüber, wie diese Gruppen mit dem Lernangebot umgehen.

Auch in der geschlechtsspezifischen Wahrnehmung der Unterrichtsstunden zeigen sich wichtige Ergebnisse: Die BMT-Stunde wird in wichtigen Parametern wie sozialer Eingebundenheit, Autonomieerleben, Orientierung am Ziel oder Schlüssigkeit im Unterrichtsverlauf von den Mädchen höher bewertet als von den Jungen, während dies in der FeU-Stunde entgegengesetzt ist oder die Unterschiede verschwimmen. Insgesamt ergibt sich:

- Beide Lerneinheiten bewirken einen deutlichen Lernzuwachs. Der Zuwachs in der BMT-Stunde ist höher.
- Beide Lerneinheiten verkleinern die Vortestunterschiede, die BMT-Stunde jedoch erreicht dies vor allem für die im Vortest schwachen Schülerinnen und Schüler wirksamer. Das ist mit Blick auf die eingangs beschriebene generell polarisierende Wirkung des Physikunterrichts ein wichtiges Ergebnis.
- Der BMT-Unterricht wird insbesondere von den Schülerinnen in nicht-kognitiver Hinsicht günstig beurteilt.

Angesichts der augenfälligen äußerlichen Ähnlichkeit der beiden Doppelstunden liegt die Frage auf der Hand, welche Unterschiede es sein könnten, die die hier berichteten Befunde begründen. Eine kausale Zuschreibung von Ursachen und Wirkungen ist mit der vorliegenden Studie nicht möglich. Die Analysen der inneren Strukturen der beiden Doppelstunden weisen jedoch auf folgende Unterschiede hin, die zumindest Kandidaten für Ursachen sind:

- In der Doppelstunde zum forschend entwickelnden Unterrichtsverfahren (FeU) werden alle Fachwissensbestandteile

durch Abstraktion der experimentellen Ergebnisse gewonnen. Demgegenüber sieht die Stunde nach der Basismodelltheorie vor, dass ein Teil des Fachwissens durch die Lehrkraft dargestellt wird, also nicht aus den Experimenten gewonnen wird.

- In der FeU-Stunde dienen Anwendungen primär dem Aufbau von Verbindungen zu anderen Themen. Demgegenüber sieht die BMT-Stunde die Anwendung explizit auch nur zur Übung des Gelernens vor.
- In der FeU-Stunde werden die Inhalte fächerübergreifend vernetzt, in der BMT-Stunde jedoch auch innerhalb der Physik.

Zusammenfassung

Unsere Untersuchungen deuten stark darauf hin, dass es die Struktur des Unterrichts in seiner Tiefe ist, die Wesentliches über seine Qualität aussagt. Andererseits müssen wir einsehen, dass die vorliegenden Ergebnisse auf einen Inhaltsbereich und eine Altersgruppe beschränkt sind (hier die Gruppe der 15–16-jährigen Gymnasialisten). Zudem zieht der hier vorgestellte Vergleich nur die Lehrziele *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Konzeptaufbau* heran,

nicht die anderen. Zwar deuten andere Ergebnisse darauf hin, dass auch hier Vorteile zugunsten der Basismodelltheorie erwartet werden dürfen, doch sind weitere Untersuchungen nötig, um die Befunde verallgemeinern zu können. Wesentlich erscheint, dass es hier gelungen ist, die Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit schwachen Voraussetzungen besonders effizient auszugleichen, und dass der Unterricht nach Basismodelltheorie in nicht-kognitiver Hinsicht die Schülerinnen anspricht.

Perspektiven

In der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Universität Regensburg sind weitere vergleichende Untersuchungen zu instruktionstheoretischen Ansätzen vorgesehen. Parallel treiben wir die Vorarbeiten zu einem Projekt voran, das sich auf das lernwirksame Experimentieren konzentriert. Im Sommersemester 2015 nahmen dazu insgesamt zwölf Lehrkräfte an einer Lehrerfortbildungsreihe (zweimal vier Ganztagsveranstaltungen) teil, in der zu unseren theoretischen Ansätzen Erfahrungen gesammelt wurden und videogestützte Analysen des Unterrichts erfolgten. Ein wichtiges Interesse besteht darin, unseren An-

satz für das Experimentieren für die Praxis zu validieren und dazu aus dem Kreis der Kolleginnen und Kollegen an den Schulen wichtige Rückmeldungen zu erhalten.

Literatur

- Reinders Duit, Ralph Hepp, Karsten Rincke, Guter Frontalunterricht – lehrerzentrierte Phasen als wichtige Elemente guten Physikunterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* (2013), 135/136, S. 4–11.
- Christian Maurer, Karsten Rincke, Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. In: Sascha Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, (2015), S. 387–389 (<http://www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht>).
- Heinz Muckenfuß, *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen, (1995).
- Karsten Rincke, Verweilen, um voran zu kommen. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60 (4) (2011), S. 5–11.
- Karsten Rincke, Experimentelle Inszenierungen: Unterrichtsgeschehen und Unterrichtsgespräch. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik*, 135/136 (2013), S. 33–36.



© Referat Kommunikation UR

Prof. Dr. rer. nat. Karsten Rincke, geb. 1969 in Stuttgart. Physik- und Mathematikstudium für das Lehramt an Gymnasien an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und der Freien Universität Berlin, 1999 Zweites Staatsexamen, 1999–2002 Lehrer der Deutschen Schule Madrid, 2007 Promotion an der Universität Kassel. Seit 2010 Professor für Didaktik der Physik an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete: Empirisch gesicherte Beiträge zur Entwicklung einer Unterrichtstheorie für den Physikunterricht mit den Schwerpunkten Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen und Experimenten, weiterhin die Frage nach geeigneten Formen von Praxisbezügen in der Lehrerbildung für angehende Physiklehrkräfte

Christian Maurer, geb. 1979 in Bogen. Physik- und Mathematikstudium für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Regensburg. 2005 erstes Staatsexamen. 2006–2008 Referendariat am Ludwigsgymnasium Straubing, 2008 zweites Staatsexamen. 2008–2011 Lehrer am Gregor-Mendel-Gymnasium in Amberg. Seit 2011 wiss. Mitarbeiter in der AG Physikdidaktik der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen mit dem Ziel, die Lernwirksamkeit des Unterrichts zu erhöhen.



© Referat Kommunikation UR