



Mit Solarzellen-Strom einen Motor betreiben:
Experiment im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik.

Powering an engine with electricity generated by solar panels: An experiment at the Teaching-Learning Laboratory for physics education.

Lehren – ein lebenslanger Lernprozess

Die Vorstellungen vom Lehrerberuf sind in der Öffentlichkeit durchwachsen und reichen vom „Halbtagsjob“ und Bild des überforderten Schmalspurpaukers bis hin zum Universalgelehrten, der gleichzeitig Sozialarbeiter und Elternersatz ist. Die eher nüchternen Untersuchungen Oldenburger (Fach-)DidaktikerInnen beschäftigen sich mit der Frage, wie angehende und erfahrene Lehrkräfte lernen. Denn auch ohne Polemik stellt der Lehrerberuf eine Herausforderung dar.

Michael Komorek

Christina Huff und Larissa Greinert verlassen das Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik zufrieden. „Hat alles geklappt“, ist der kurze Kommentar an ihren Betreuer. Christina und Larissa arbeiten an ihrer Masterarbeit, in der sie erfahrene Physiklehrkräfte nach ihren Vorstellungen und Ideen vom Experimentieren im Physikunterricht befragen. „Geklappt“ hat der Interviewleitfaden, den die beiden entwickelt haben: Er war verständlich und im realen Interview umsetzbar. Mit ihm wollen sie ganz im Detail die Entscheidungen untersuchen, die Lehrkräfte bei der Auswahl von Experimenten für den Unterricht bewusst oder unbewusst treffen.

Solche Grundlagenforschung soll dazu beitragen, die Lehrerbildung und auch die Lehrerfortbildung verstärkt auf eine empirische Basis zu stellen. Dabei benötigen Ent-

wicklungen im Bildungssystem oft 15 bis 20 Jahre, bevor sie in der Schulpraxis angekommen sind. Nichtsdestotrotz sind Weiterentwicklungen in der Schule und im Unterricht dringend notwendig, denn die Anforderungen an Bildung verändern sich: Schule soll auf eine differenzierte Gesellschaft vorbereiten, sie soll nachhaltiges Handeln bezüglich Klima und Ressourcen vermitteln. Zudem sollen SchülerInnen in die Lage versetzt werden, eine flexible Berufsbiographie aufzubauen. Nicht allein fachliches Wissen soll daher im Unterricht vermittelt werden; das haben die Kultusminister bereits im Jahr 2004 beschlossen. Dies wäre für sich genommen schon eine große Aufgabe angesichts der Zunahme von Wissen in den Wissenschaften und in der Gesellschaft. SchülerInnen sollen zugleich darin kompetent werden, dieses

Teaching – A Lifelong Learning Process

Public perceptions of the profession of teachers vary widely, ranging from the „part time job“ and the image of the overtaxed, small-time schoolteacher to the universal academic who is social worker and parent substitute at the same time. The rather more fact-based research carried out by the educational researchers at Oldenburg deals with the question of how pre-service and in-service teachers learn. Because even without the polemics, the profession of teachers is a challenging one.

Christina Huff and Larissa Greinert leave the Teaching-Learning-Laboratory for physics education satisfied. „It all worked out fine“, is their brief comment to their supervisor. Christina and Larissa are working on their Master's thesis, in which they ask experienced physics teachers about their conceptions and ideas regarding experiments for physics lessons. What „worked out“ was the interview outline which the two teacher students developed together: it was understandable and practicable for real interviews. They hope to use it to carry out a detailed examination of the conscious and unconscious decisions teachers make when selecting experiments for use in class.

This basic research is aimed at helping to establish teacher education and also advanced teacher education for in-service teachers on a more empirical foundation. However it often takes between 15 to 20 years for innovations in the education system to be put into practice in the classroom. Nevertheless, new approaches are urgently needed in schools and in lessons because educational requirements are changing: schools need to prepare students for a diversified society and to teach them to act responsibly with regard to the climate and resources. Moreover, students need to acquire the skills needed for building a flexible career path. The ministers of educational

and cultural affairs decided as early as 2004 that instruction should no longer focus exclusively on imparting subject matter knowledge. That alone was a major undertaking in view of the increased amount of knowledge available in the sciences and society today. But students should also be able to apply this knowledge to generate new knowledge, evaluate it and communicate it. With this swing towards „competence-oriented“ teaching the same tenet applies to today's education system as it did in Ancient Rome: *Tempora mutantur et nos mutamur in illis* – Times change and we change with them. Research is a key basis for further advances in teacher education, and at University of Oldenburg this research is practice-oriented and theory-driven. The center for teacher education at the university (Didaktisches Zentrum) strongly supports the coordination of this research. However the real driving force for changes in school lessons can only be the teachers themselves. In addition to all the formal requirements, they must be able to deal with challenges to their own self-image. On the one hand they must understand that lessons need to focus primarily on the learner and the learning processes. Domain-specific educational research has demonstrated that teachers are still overly inclined to organise their lessons as a series of teaching processes and focus too much on the structure of

Der Autor The author



Prof. Dr. Michael Komorek ist Physikdidaktiker an der Universität Oldenburg. Nach seiner Habilitation, die mit einem Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde, vertrat er eine Professur für Physikdidaktik an der Universität Dortmund. Seine Forschungsaktivitäten beziehen sich auf kontext-basierten Physikunterricht, auf die Didaktische Rekonstruktion von Lehr-Lern-Prozessen, auf die Untersuchung von Prozessen der Lehrerprofessionalisierung, auf das Lernen an außerschulischen Lernorten und auf den Beitrag der Physikdidaktik zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. Er ist Sprecher des Promotionsprogramms ProfaS und des Projekts Energiebildung und leitet das Schülerlabor physixS. Er ist Vizedirektor des Didaktischen Zentrums der Universität Oldenburg und Mitglied im Vorstand der BNE-Agentur Niedersachsen e.V. Prof. Dr. Michael Komorek is Professor of Physics Education at the University of Oldenburg. After his habilitation, which was funded with a grant from the German Research Foundation (DFG), he accepted a professorship of physics education at TU Dortmund University. His

research activities focus on context-based physics education, the Educational Reconstruction of teaching-learning processes, examining the learning processes involved in professional teacher education, learning in non-school environments and the contribution of physics education to education for sustainable development. He is the spokesman for the graduate programme ProfaS and the project Energy Education and director of the teaching-learning laboratory physixS. He is deputy director of the Center of Teacher Education (Didaktisches Zentrum) at the University of Oldenburg and board member of the BNE-Agentur Niedersachsen e.V.



Erste Phase der Lehrerbildung: Das Studium an der Universität.
First phase of teacher education: studying at the university.

Wissen einzusetzen, um neues Wissen zu generieren, es zu bewerten und zu kommunizieren. Mit diesem Schwenk zur „Kompetenzorientierung“ gilt auch im Bildungssystem, was schon im Alten Rom galt: *Tempora mutantur et nos mutamur in illis* – Die Umstände ändern sich und wir uns mit ihnen. Wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung der Lehrerbildung ist Forschung, die in Oldenburg praxisnah und theoriegeleitet ausgerichtet ist. Einen wesentlichen Anteil an der Koordination dieser Forschung übernimmt das Didaktische Zentrum, das Zentrum für Lehrerbildung an der Universität. Doch der eigentliche Motor von Veränderungen im Schulunterricht können nur die Lehrkräfte selbst sein. Neben allen formalen Anforderungen müssen sie sich dabei Herausforderungen ihres Selbstverständnisses stellen. Zum einen müssen sie verstehen, dass Unterricht in erster Linie den Lerner und seine Lernprozesse in den Blick zu nehmen hat. Aus der fachdidaktischen Forschung ist bekannt, dass Lehrkräfte ihren Unterricht noch zu stark als Abfolge von Lehrprozessen organisieren und an der Struktur der Inhalte orientieren. Insbesondere in den Naturwissenschaften führt dies dazu, dass die SchülerInnen das Interesse verlieren, weil die fachliche Sprache und die aus der Wissenschaft stammende Struktur des angebotenen Wissens nicht an ihr Denken und ihre Interessen angepasst sind. Angehende Lehrkräfte versuchen zudem, genau so zu unterrichten, wie sie es in ihrer eigenen Schulzeit erlebt haben; die Didaktik kennt dafür das geflügelte Wort: „*Teachers teach as they were taught – and not as they were taught to teach.*“

Wir brauchen daher eine Weiterentwicklung im fachdidaktischen Denken von Lehrkräften, einen Perspektivwechsel weg von einer Lehr-Orientierung des Unterrichts hin zu einer Lern-Orientierung. Auf diesem Weg müssen Überlegungen im Vordergrund stehen, welche Anreize SchülerInnen zum Lernen benötigen, welche Vorstellungen von einem Unterrichtsthema sie in den Unterricht mitbringen und welche

Lernprozesse sie durchlaufen könnten. Wie Lehrkräfte dies effektiv in ihrer Unterrichtsgestaltung umsetzen und welche Sicht sie selbst auf die Lern-Orientierung haben, ist derzeit Gegenstand der fachdidaktischen und der allgemeindidaktischen Forschung, zu der auch die Studentinnen Huff und Greinert beitragen.

In den letzten zwei Jahrzehnten haben die Fachdidaktiken national und international die Vorstellungen und die Lernprozesse von SchülerInnen intensiv untersucht. Man weiß inzwischen viel über die Bedeutung von Lernvoraussetzungen und einiges über Lernprozesse, die angeregt werden können. Aus der Vorstellungsforschung ist

**Der Motor für
Veränderungen im Unterricht
kann nur der Lehrer selbst sein.**

zum Beispiel bekannt, dass es wenig Wirkung hat, von SchülerInnen im Unterricht zu fordern, sie sollten ihre Alltagsvorstellungen außer Acht lassen: „Vergesst mal alles, was ihr euch unter ‚Kraft‘ vorstellt, hier erfahrt ihr, was die Physik darunter versteht“. Diese Forderung wird nicht erfüllt, denn die Vorstellungen sind Interpretationsrahmen, die sich im Alltag oder in anderen Kontexten gut bewährt haben. Sie werden nur dann verändert, wenn sich die neuen, die wissenschaftlichen Vorstellungen als brauchbarer und überzeugender erweisen. Hier hat die Forschung Vorschläge entwickelt, wie man die Vorstellungen der SchülerInnen weiterentwickeln und im Unterricht fruchtbar nutzen kann.

Solche Forschungsergebnisse sind bei Lehrkräften zu wenig bekannt und fließen nur zögerlich in die Lehrerbildung. Was für SchülerInnen gilt, gilt auch für Lehrkräfte: Neue Konzepte werden nur dann übernommen, wenn sie in das vorhandene Vorstellungssystem passen oder wenn eine Umorientierung größeren Nutzen bringt. Hierzu bedarf es fachdidaktischer Grundlagenforschung, die klärt, über welche fachdidaktischen Vorstellungen Lehrkräfte in unterschiedlichen Fächern verfü-



Michael Komorek: „In Deutschland fehlt es an einer Fortbildungskultur.“
Michael Komorek: „Germany lacks a culture of in-service training.“

the content. In the natural sciences in particular, this causes students to lose interest because the scientific language and the scientific structuring of the knowledge are not adapted to their way of thinking or interests. In addition pre-service teachers try to teach in exactly the same way as they themselves were taught in school; educational researchers have a saying for this: „Teachers teach as they were taught - and not as they were taught to teach.“

What is needed, therefore, is a development in the way teachers think about teaching and learning, a change of their perspective away from teaching-oriented lessons and towards learning-oriented lessons. In this process top priority must be given to finding out what incentives students need for successful learning, which preconceptions they have about topics taught in class and which learning processes they can go through. How teachers can integrate all this effectively in the design of their lessons and what they think of the learning-oriented approach is the subject of the current domain-specific and general educational research, to which the students Christina Huff and Larissa Greinert are also contributing.

In the past two decades students' conceptions and learning pathways have been the subject of intense national and international educational research. We now know a lot about the importance of learning conditions and about stimulating certain learning processes. Research into the ideas students bring to the classroom has for instance revealed that it makes little sense to ask students to ignore their everyday preconceptions in class, by telling them: „Forget your own ideas about ,force'; here you will learn what physics has to say about it.“ Such demands will not be met because preconceptions are interpretative frameworks which have proven effective in everyday situations or other contexts. They will only change

if the new, scientific concepts prove to be more useful and convincing. Here, researchers have developed proposals for how to develop students' conceptions and put them to fruitful use in lessons.

The results of this research are too little known among teachers and are therefore only slowly being integrated into teacher education. What is true for the students is also true for the teachers. New concepts are only adopted if they fit in with the pre-existing system of concepts or if reorganization offers greater advantages. For this to happen, basic research is required to determine what kind of pedagogical content knowledge teachers have in different subjects, which subjective beliefs and attitudes prevail and how they influence and control processes of designing classroom lessons.

In the graduate programme ProfaS at Oldenburg University, these questions are being investigated using the methods of qualitative social research. Twenty-one PhD

students are currently examining the processes of designing lessons to provide a detailed picture of teachers' pedagogical content knowledge. The research ranges from the analysis of teachers' epistemological beliefs to their ideas about how to conduct experiments in science classes to the use of texts in German lessons.

The second major challenge teachers face consists in learning to see their own education as a life-long process that doesn't end once they complete their pre-service education. Germany in general lacks a culture of in-service teacher education that encourages teachers to see the benefits of extending their subject-specific knowledge and in particular their pedagogical

The driving force for changes in lessons can only be the teachers themselves



Forschen im Bereich Lehrerbildung:
Das Didaktische Zentrum der Universität.
Research into teacher education:
The Center of Teacher Education at the university.

gen, welche subjektiven Überzeugungen und Einstellungen vorherrschen und wie sie die Prozesse der Unterrichtsstrukturierung beeinflussen und steuern.

Im Promotionsprogramm ProfaS der Universität Oldenburg werden diese Fragen mit Methoden der qualitativen Sozialforschung untersucht. 21 DoktorandInnen analysieren derzeit

Wir brauchen einen Perspektivwechsel – von der Lehr-Orientierung zu einer Lern-Orientierung

damit ein differenziertes Bild vom fachdidaktischen Denken von Lehrkräften. Die Fragestellungen reichen von der Untersuchung erkenntnistheoretischer Vorstellungen von Lehrkräften über ihre Ideen, wie in den Naturwissenschaften zu experimentieren ist, bis hin zur Nutzung von Texten im Deutschunterricht.

Die zweite große Herausforderung für Lehrkräfte besteht darin, ihre eigene Ausbildung als einen lebenslangen Prozess zu begreifen, der mit Abschluss des Referendariats nicht beendet ist. In Deutschland fehlt es weitgehend an einer Weiterbildungskultur, bei der Lehrkräfte es als Gewinn ansehen (und darin unterstützt werden), sich fachlich und vor allem fachdidaktisch weiterzubilden. Länder wie die Schweiz, bei

Prozesse der
Planung und
Strukturierung
von Unterricht
und zeichnen

der das Sammeln von Weiterbildungspunkten auch in den Ferien als selbstverständlich angesehen wird, sind hier gute Beispiele. Wie können Erstausbildung an der Universität, Referendariat und Fortbildung für Lehrkräfte als ein konsistentes Angebot aufgefasst werden? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Angebote in der dritten Phase, der Praxisphase, als Gewinn wahrgenommen werden? Welche Fortbildungskonzepte sind erfolgversprechend? Antworten auf diese Fragen versucht unter anderem das Oldenburger Fortbildungszentrum der Universität (OFZ) zu finden.

Ein Instrument, mit dem lebenslange Lehrerbildung forschungsseitig begleitet wird, sind die Oldenburger Lehr-Lern-Labore (OLELA). Diese Labore haben zunächst den Zweck zu erforschen, welche Prozesse beim Experimentieren in den MINT-Fächern ablaufen. In den letzten zehn Jahren wurden in Deutschland mehrere hundert so genannter Schülerlabore von Industrieunternehmen, Science Centern, Forschungsinstitutionen oder Universitäten eingerichtet. Die Idee dabei ist, dass dort Lernen freier und selbstgesteuerter ablaufen kann als in der Schule, weil SchülerInnen im Labor motivierter und interessierter arbeiten. Es gibt allerdings nur wenige belastbare Studien, die einen solchen Effekt beim Lernen belegen. In den Oldenburger Lehr-Lern-Laboren sind für die nächsten Jahre Forschungen geplant, die Lernprozesse im Schülerlabor aufschlüsseln und im Detail beschreiben sollen, und zwar nach Möglichkeit auch in den Geisteswissenschaften.

Mit Hilfe der Lehr-Lern-Labore wird aber auch untersucht, wie angehende Lehrkräfte SchülerInnen beim Experimentieren anregen, wie sie die dabei ablaufenden Lernprozesse diagnostizieren und wie sie das Lernen fördern. Untersuchungsmethoden wie das teaching experiment in Kombination mit Interviews oder Videobeobachtungen kommen hier zum Einsatz. Von Interesse sind aus Sicht der fachdidaktischen Forschung die Lernprozesse der Studierenden, die ihre mitgebrachten Vorstellungen vom Arbeiten und Lernen der SchülerInnen durch den frühen Kontakt mit ihrer späteren „Zielgruppe“ infrage stellen und teilweise revidieren müssen. In einem Projekt, in dem Studierende mit Referendaren zusammenarbeiten, wird dieses Forschungskonzept auf die zweite Phase der Lehrerbildung ausgedehnt.

Auch für Fortbildungen und deren Erforschung eignet sich der Einsatz von Lehr-Lern-Laboren, denn hier können Lehrkräfte einen anderen Zugang zu SchülerInnen als in der Schulpraxis bekommen. Zu untersuchen, was Lehrkräfte dabei selbst lernen, also „professionelles Lernen“ in den Fokus zu nehmen, stellt eine neue Perspektive für Oldenburg dar. Oldenburger Projekte wie die „Kontextprojekte“, „Energiebildung“ oder die Oldenburger Teamforschung haben hier wichtige Vorarbeiten bei der Erforschung des Lernens von Lehrkräften geleistet. Christina Huff und Larissa Greinert bereiten das Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik noch für den nächsten Tag vor. Es haben sich Viertklässler aus Oldenburg angemeldet, die untersuchen wollen, ob Windkraftanlagen mit vier Rotorblättern effektiver sind als mit drei Blättern und wie man elektrische Energie mit einer Brennstoffzelle speichern kann. Eine ideale Chance für Studierende, das Lernen von SchülerInnen und das eigene Lehren zu beobachten.



Strommessung im Schülerversuch:
„Was lernen Lehrer selbst dabei?“
Measuring current in a school experiment:
„What do teachers learn in the process?“

content knowledge. Countries like Switzerland, where accumulating further education credits even during the holidays is seen as perfectly natural, serve as a good example here. How can teachers be encouraged to see their pre-service education at college or university and their in-service education as a consistent continuum? Which conditions need to be met for courses in the tertiary, in-service phase, to be considered a valuable experience? Which concepts for in-service education are promising? Oldenburg's educational researchers at the university's Oldenburger Fortbildungszentrum (OFZ) as one center for in-service teacher education are seeking answers to these questions.

One tool that aids research into life-long teacher education is the University of Oldenburg's Teaching-Learning-Laboratories (OLELA). The primary purpose of these laboratories is to research the processes when performing experiments in the STEM-subjects. In the past decade several hundred so-called „student laboratories“ have been set up by industrial companies, science centers, research institutes and universities. The idea is that the learning process should be more free and independent here than in schools because students work with greater motivation and interest in these labs. There are however only a few reliable studies that document this impact on learning. In the coming years, research at the Oldenburg Teaching-Learning-Laboratories will be aimed at analysing the learning processes that take place in the student laboratory and describing them in detail - and the hope is that if possible this will be followed up in the humanities as well.

A change of perspective is needed – away from teaching-oriented lessons, towards learning-oriented lessons

process should be more free and independent here than in schools because students work with greater motivation and interest in these labs. There are however only a few reliable studies that document this impact on learning. In the coming years, research at the Oldenburg Teaching-Learning-Laboratories will be aimed at analysing the learning processes that take place in the student laboratory and describing them in detail - and the hope is that if possible this will be followed up in the humanities as well.

The Teaching-Learning-Laboratories are also being used to examine the ways in which pre-service teachers motivate students when performing experiments, how they identify the associated learning processes and how they encourage learning.

Methods of investigation like the teaching experiment, in combination with interviews and the analysis of video footage come into play here. Of special interest from the point of view of domain-specific research are the learning processes of pre-service teachers whose early contact with their „target group“ causes them to question and sometimes revise their initial ideas about how students work and learn. In a project this research concept is being extended to the second phase of teacher education (so called Referendariat).

The Teaching-Learning-Laboratories can also be used for in-service teacher education courses and research into these courses because here teachers have a different kind of access to students than they would in schools. Investigating what teachers themselves learn here, in other words focusing on „professional learning“, is a new perspective for Oldenburg. Oldenburg projects such as the „Context Projects“, „Energy Education“ or the Oldenburg team research have laid important groundwork for research into how teachers learn.

Christina Huff and Larissa Greinert are busy preparing for the next day in the Teaching-Learning-Laboratory. A class of fourth-year students from Oldenburg has registered to work there. They want to investigate whether wind turbines with four rotor blades are more effective than ones with three blades, and how to store electricity with a fuel cell. This is an ideal opportunity for teacher students to observe how they themselves teach and how their students learn.