

Rainer H. KAENDERS, Nimwegen, Niederlande

## **Kreiseln im Weltraum: Lehrerforschung als Mittler zwischen Wissenschaft und Schulpraxis**

In der Astrophysik spielt Mathematik eine zentrale Rolle. Schon einfache Anwendungen Newtonscher Mechanik und die Durchdringung der dazugehörigen Mathematik machen es möglich, spektakuläre Vorhersagen über das Schicksal der Planeten und Monde in unserem Sonnensystem zu treffen. Welche Rolle die Mathematik hierbei genau spielt, warum das eine physikalische Gesetz den Ausschlag gibt und die anderen vernachlässigt werden können und wie ein(e) Astrophysiker(in) hier die Mathematik benutzt – all diese Fragen sind nur zu beantworten im wirklichen Austausch mit Wissenschaftlern dieses Gebiets. Um so etwas wie authentischen Mathematikunterricht [4] zu ermöglichen, der den praktischen und didaktischen Anforderungen von Unterricht in der Schule genügt, bedarf es jedoch mehr: Wissenschaftler, Lehrer, Mathematikdidaktiker und Schüler müssen einander Einsicht und Teilnahme gewähren in die eigenen Denk- und Lernmodelle [3]. Statt um eine Einleitung in ein Thema geht es hier vielmehr um *ausleitenden* Unterricht, was andere Kompetenzen und Haltungen in Hinblick auf das eigene Fach erfordert.

### **1. Storchenmärchen von Mathematik**

Die Kluft zu überbrücken zwischen dem Denken und Handeln in einer Wissenschaft und dem, was der Unterricht in einer Schule davon vermittelt, ist seit je her eine Herausforderung für jedes Curriculum. Freudenthal [2] beispielsweise hat den Versuch der New-Math Didaktik, Schülern das Denken von Forschungsmathematikern über Axiomatik und Logik beizubringen, als ‚Storchversion‘ der wirklichen Mathematik bezeichnet. Mittlerweile ist das Pendel in den Niederlanden in die andere Richtung ausgeschlagen. Wieder entstehen Storchversionen der wirklichen Mathematik, wenn zentrale Konzepte wie Primzahlen, ggT oder kgV im Mathematikunterricht überhaupt nicht mehr vorkommen (siehe etwa [2]). Der Mathematikunterricht an niederländischen Gymnasien und Realschulen (VWO und HAVO) war in den letzten Jahren auch wiederholter Kritik ausgesetzt, weil kaum noch Schüler ein Studium in Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften ergreifen und diejenigen, die es doch tun, nicht mehr über die nötigen mathematischen Standardkenntnisse und Fertigkeiten verfügen.

### **2. Reformen im niederländischen Mathematikunterricht**

Diese Entwicklung hat dazu geführt, dass Ende 2005 eine breit zusammengestellte Lehrplankommission (cTWO, [www.ctwo.nl](http://www.ctwo.nl)) eingesetzt wurde mit dem Auftrag, neue Lehrpläne für HAVO und VWO in zwei

Schritten (ab 2007 und 2011) zu erstellen und Empfehlungen zu fortlaufenden Lernwegen und didaktischen Entwicklungen zu geben. Im Zuge dieser Reform ist das Fach Mathematik erneut in vier Fächer geteilt worden: Mathematik A, B, C und D. Das Fach *Mathematik D* mit vier Lehrstoffgebieten bietet Schulen die Möglichkeit durch den Bereich *Mathematik in Wissenschaft* strukturell mit Universitäten und Fachhochschulen zusammen zu arbeiten. Eine Schule ist jedoch weder zu einer solchen Zusammenarbeit verpflichtet noch muss sie das Fach überhaupt anbieten. Es wird nicht zentral examiniert und ist nur eines von vier möglichen Wahlfächern für die Schüler, die das mehr mathematisch ausgerichtete Fach Mathematik B gewählt haben. Und doch bietet dieses neue Fach interessante Möglichkeiten.

### **3. In zee met wiskunde D**

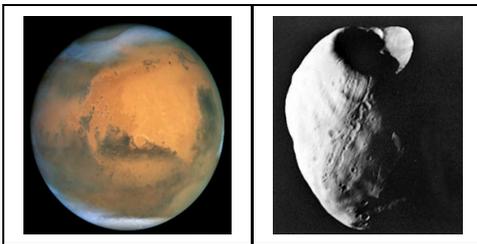
Die drei technischen Universitäten in Delft, Eindhoven und Twente und die Radboud Universität Nimwegen ([www.wiskundeDsteun.nl](http://www.wiskundeDsteun.nl)) haben sich zusammengeschlossen, um Lehrer in den jeweiligen Regionen auf Mathematik D vorzubereiten. Dazu ist unter anderem eine Schulung von fünf Nachmittagen mit rund 60 bis 100 Teilnehmern pro Standort ins Leben gerufen worden, in der die vier Stoffgebiete aus Mathematik D beleuchtet werden. An jedem der vier Standorte ist eine Kerngruppe von um die zehn Mathematiklehrern begonnen, zusammen mit einem renommierten Wissenschaftler und einem Mathematikdidaktiker, den Bereich *Mathematik in Wissenschaft* mit Leben zu füllen. Ausgehend von den Ideen des Wissenschaftlers entwickeln die Lehrer Unterricht, in dem gerade diese Ideen eine Rolle spielen. Neben Unterrichtsmaterialien, kommunizieren die Lehrer ihre Erfahrungen aus ersten Unterrichtsexperimenten in der Schulung und es entsteht ein Lehrerhandbuch (zunächst für die Teilnehmer der Schulung). Daran schließt ein mathematikdidaktisches Forschungsprojekt an, das fragt, inwieweit es gelingt Mathematik in Wissenschaft durch Professionalisierung von Mathematiklehrern in den Unterricht zu bekommen.

In Nimwegen hat die Kerngruppe den Astrophysiker Prof. Dr. Jan Kuijpers bereit gefunden, an diesem Projekt mitzuarbeiten. Nach einem orientierenden Gespräch zwischen ihm und der Kerngruppe wurde gemeinsam der Beschluss gefasst, die Folgen des Drehimpulserhaltungssatzes in unserem Sonnensystem als Gegenstand für den zu entwickelnden Unterricht zu wählen. Dieses Thema wurde danach Gegenstand eines ersten Schulungsnachmittags mit Jan Kuijpers. Am Ende des Schuljahres 2006/07 wird die Kerngruppe einen Schulungsnachmittag gestalten, an dem die bisherigen Erfahrungen dargestellt und der entworfene Unterricht mit samt den nötigen Materialien vorgestellt werden.



Erde und Mond

Der Mond kehrt der Erde immer dasselbe Gesicht zu, und die Rotation der Erde ist schneller als die des Doppelplaneten Erde-Mond. Die Gezeiten verursachen Reibung und sorgen dafür, dass der Drehimpuls der Erdrotation abnimmt (Tage werden länger), wodurch dann der Drehimpuls des Doppelplaneten Erde-Mond zunimmt. Letzterer jedoch hängt nur von den beiden Massen und dem Abstand zwischen ihnen ab, der nun größer werden muss. (Monate werden auch länger)



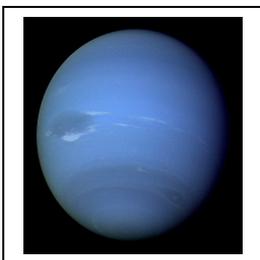
Mars und Phobos

Mars und Phobos drehen sich beide, jedoch ist die Drehung des Mars langsamer als die seines Mondes Phobos. Die Gezeitenwirkung lässt nun die Drehgeschwindigkeit des Mars zunehmen, sodass der Abstand zwischen ihnen abnehmen muss. Dies führt dazu, dass „eines Tages“ Phobos auf dem Mars zerschellen wird.

### 3. Ein Problem von Edmond Halley

Als Einstieg dient ein altes Problem von Edmond Halley (1656-1742), der aus Überlieferungen historischer Sonnenfinsternisse schloss, dass die Monate kürzer werden müssten. Heute wissen wir jedoch, dass die Monate tatsächlich länger werden. Wie hängt das zusammen?

Tatsächlich ist dieser Widerspruch aufzulösen, wenn man den Drehimpulserhaltungssatz für den Doppelplaneten Erde-Mond genau studiert: die Tage werden nämlich länger, so dass die Monate relativ kürzer erscheinen.



Beim Neptun kreist der Mond Triton um seinen Planeten und dreht sich kaum um seine eigene Achse. Die Drehung des Triton um Neptun und die Drehung des Neptun um seine eigene Achse finden jedoch in entgegengesetzter Richtung statt (retrograde Bewegung). Die Gezeiten sorgen dafür, dass die Drehung des Neptun langsamer wird. Durch die umgekehrte Richtung der Drehung jedoch nimmt nun – anders als bei Erde-Mond – der Abstand zwischen beiden ab; bis Triton dem Neptun so nahe kommt, dass er durch die Gezeiten zerrissen wird.

Einmal in der Lage, die Drehimpulserhaltung für Erde-Mond zu betrachten, können dieselben mathematischen Betrachtungen auch auf andere Doppelplaneten angewandt werden wie etwa Mars-Phobos oder Neptun-Triton. Dort liefert dasselbe Gesetz jedoch jeweils vollständig andere Vorhersagen.

#### **4. Per aspera ad astra**

Erste explorative Untersuchungen dieser Herangehensweise mit Hilfe von auf Video aufgezeichneten Interviews mit Lehrern aus der Kerngruppe und Schülern aus deren Klassen bringen erste Schwierigkeiten ans Tageslicht. Die Sicht beider Gruppen auf Wissenschaft spielt hierbei eine große Rolle.

Alltägliche wissenschaftliche Arbeit wird durch die ständige Auseinandersetzung mit unbekanntem Theorien oder Sachverhalten und das Bewusstsein, viele Dinge noch nicht vollständig verstanden zu haben gekennzeichnet. Soll der Kontakt mit Wissenschaftlern fruchtbar sein, entsteht die Notwendigkeit, sich darauf einzulassen. Die Lehrer in der Kerngruppe signalisieren Ängste, die das Lernen von für sie unbekanntem Dingen hervorruft. Sie realisieren, dass ihre eigenen Lernprozesse denen ihrer Schüler ähnlich sind. Auch ist eine Gruppendynamik zu beobachten, wie man sie von Schülergruppen kennt. Das Vertrauen darauf, in der Lage zu sein, den neuen Stoff lernen zu können, ist bei den Lehrern unterschiedlich ausgeprägt und ist abhängig von ihrem eigenen Ausbildungsniveau. Die Lehrer fühlen sich unsicher, wenn sie nicht auch den astrophysikalischen Hintergrund des Unterrichtsstoffes kennen.

#### **Literatur**

- [1] Hans Freudenthal: Mathematik als pädagogische Aufgabe, Band 1,2, Klett, Stuttgart 1973.
- [2] Rainer Kaenders: Zahlbegriff zwischen dem Teufel und der tiefen See, Der Mathematikunterricht, 5(52), 46-60, 2006.
- [3] Richard Lesh & Helen M. Doerr (editors): Beyond constructivism – Models and Modelling perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning and Teaching, Lawrence Erlbaum, Mahwah 2003.
- [4] Brigitte Lutz-Westphal: Kombinatorische Optimierung – Inhalte und Methoden für einen authentischen Mathematikunterricht, Dissertation an der TU Berlin, 2006.