

Nachhaltiges Lernen

- Das MINT-Lernzentrum an der ETH Zürich

Armin P. Barth

Das MINT-Lernzentrum der ETH Zürich erarbeitet Materialien für besonders lernwirksamen Unterricht und engagiert sich an breiter Front für eine Stärkung der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Worum geht es genau? Welche Angebote bestehen schon? Und auf welchen Erkenntnissen der Lehr- und Lernforschung basieren sie?

- Wie viele Stellen hat die Zahl 2012^{2012} ? Welche Darstellung dieser Zahl wäre erstrebenswert, um die Frage beantworten zu können?
- Wenn wir von einem zweigelenkigen Roboterarm (Abb. 1) die Längen a und b von Ober- und Unterarm sowie die Winkel α und β kennen, können wir dann die Koordinaten x, y des Greifers berechnen? Welche unter Umständen neuen Werkzeuge müssen dafür entwickelt werden?
- Warum heissen elliptische Integrale *elliptisch*? Was haben sie denn mit Ellipsen zu tun?
- Wenn wir in der (rechts beliebig fortgesetzten) Mauer (Abb. 2) oben links starten und immer nur in Richtung Ost, Nordost oder Südost gehen dürfen, wie viele verschiedene Wege gibt es dann zu einem beliebigen Feld? Können wir die Zahlfolgen, die sich in den drei Zeilen ergeben, geeignet formal beschreiben? Welche Art der Beschreibung ist dabei besonders nützlich?
- Wir lösen die Gleichung $x^2 + 3x - 4 = 0$ einmal auf sehr unkonventionelle Weise (Methode von Eduard Lill, Abb. 3): Wir stellen ein Spielzeugauto auf den Ursprung und lassen es nun 1 Einheit (der Koeffizient von x^2) in positiver x-Richtung fahren. Danach soll es 90° im Gegenuhrzeigersinn drehen und 3 Einheiten (der Koeffizient von x) weiterfahren. Zum Schluss soll es wieder 90° gegen den Uhrzeigersinn drehen und -4 Einheiten weiterfahren bis zum Endpunkt T. Nun schießen wir vom Ursprung aus auf das Auto, aber so, dass die Kugel an der Geraden des mittleren Koeffizienten einmal reflektiert wird. Zudem herrscht hier ein sehr spezielles Reflexionsgesetz: Die Kugel reflektiert nämlich immer unter 90° . Der Winkel, unter dem wir die Kugel abschießen, ist -45° . Und $-\tan(-45^\circ) = 1$. Dies ist eine Lösung der Gleichung (was ja auch zutrifft). – Ist das ein Zufall? Lässt sich diese Methode verallgemeinern? Stimmt sie für jede Polynomgleichung 2. Grades? Und was ist mit anderen Graden?

Das sind mathematische Beispiele sogenannter kognitiv aktivierender Einstiegsfragen. Mit ihnen will man die Lernenden an die Grenzen ihres aktuell verfügbaren Wissens heranführen und zwar so, dass sie die Fragestellung als herausfordernd und doch lösbar und immer als interessant und anregend empfinden. Sie sollen erkennen, dass ihr bisheriges Wissen zur Beantwortung noch nicht ausreicht, dass aber eine lohnenswerte Anstrengung den nötigen Ausbau des Wissens lie-

fern wird. Diese Art des Einstiegs wirkt sich sowohl auf das Interesse als auch auf die Lernmotivation positiv aus.

Einige Erkenntnisse der modernen Lehr- und Lernforschung

Guter Unterricht soll dazu führen, dass sinnstiftendes und anwendbares Wissen entsteht. Das stellt sich aber nicht „einfach so“ ein, sondern es kann mit bestimmten Lernformen, deren Wirksamkeit empirisch sehr gut belegt ist, gefördert werden. Welche diesbezüglichen Erkenntnisse hat die Lehr- und Lernforschung schon erarbeitet?

Die **kognitiv aktivierenden Einstiegsfragen** habe ich schon erwähnt. Im naturwissenschaftlichen Unterricht wären das Phänomene, die in den Lernenden das Bedürfnis wachrufen, etwas Neues zu lernen, um das für sie Unerklärliche erklären zu können. Der solchen Fragen folgende Unterricht ist dann **auf vielfältige, aber nicht auf beliebige Weise** machbar. Das bedeutet, dass die Lehrperson nicht einfach irgendwas machen kann, um den gewünschten Lernprozess in Gang zu bekommen, dass aber andererseits verschiedene Methoden – geschickt umgesetzt – zu vergleichbar guten Resultaten führen können. Es ist also nicht das pingelige Befolgen einer ganz bestimmten Methode, das zählt.

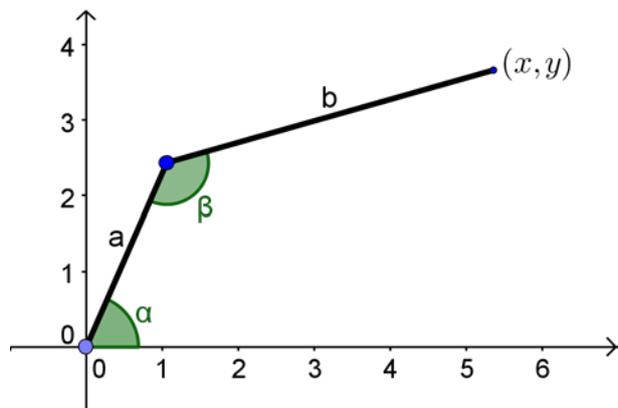


Abb. 1

Guter Unterricht ist überdies **schülerzentriert und lehrergeleitet**. Die Lehr- und Lernforschung hat gezeigt, dass forschendes Lernen dann besonders wirksam ist, wenn es durch klare und zielführende Aufträge angeleitet ist. Man sollte die Lernenden also nicht mit zu vagen Angaben allein lassen. (Wir alle kennen das Bild von Schülergruppen im Schulhauspark, denen gesagt wurde, sie sollen einfach mal etwas lesen ohne klare Instruktionen...)

Start	2	6	21	77	usw.	
	1	4	15	56	usw.	
		1	5	20	76	usw.

Abb. 2

Weiter setzt guter Unterricht eine **genaue Kenntnis der Schülervorstellungen** voraus. Die Lehr- und Lernforschung hat gezeigt, dass intellektuelle Leistungen ganz wesentlich davon abhängen, inwiefern es gelingt, Vorwissen zur Bewältigung neuer Anforderungen zu nutzen. Um also möglichst wirksame Lerngelegenheiten anbieten zu können, muss die Lehrperson wissen, wo die Lernenden gerade stehen und welche Fehlkonzepte oder Verständnisschwierigkeiten sie haben könnten.

Getragen von diesem Geist schaffen Lehrpersonen Lerngelegenheiten, in denen die Lernenden ihr bisheriges Wissen erweitern können, etwa indem sie sich mit fruchtbaren Fragen auseinandersetzen, Hypothesen aufstellen, diese verifizieren oder falsifizieren, neue (gut angeleitete) Wege ausprobieren und verinnerlichen, das Gelernte in neuen Anwendungen einsetzen und mündlich und schriftlich über das Gelernte reflektieren. Dabei bieten sich verschiedene Lernformen an.

Mit **ICC** (Inventing with Contrasting Cases) kann man es schaffen, dass Schülerinnen und Schüler ein neues Konzept selber erfinden und damit auch besser behalten können statt einfach nur zu hören, wie die Lehrperson es einführt. Angeleitet durch **Selbsterklärungsaufgaben** sollen sie zentrale Überlegungen in eigenen Worten wiedergeben, Erklärungen zu Sachverhalten, Zusammenhängen und Hintergründen nennen sowie Argumentketten aufbauen oder überprüfen. Gegenüber dem klassischen „Tell and practice-Unterricht“, bei dem die Jugendlichen die Erklärungen zu den Sachverhalten bloss hören und dann sofort in Transferaufgaben anwenden sollen, findet hier eine Zwischenphase statt, in der die Lernenden ihr Verständnis der Stoffe selbständig vertiefen.

Mit **metakognitiven Fragen** kann man die Lernenden dazu anregen, selbständig über den Stand und die Fortschritte ihres Lernens zu reflektieren. Wo stehen sie gemäss eigener Einschätzung? Was haben sie schon gut verstanden, und zu welchen Punkten bestehen noch welche Unklarheiten? Auch das periodische Einbinden von **geistigen Werkzeugen** (Diagramme, Formeln, Graphen) kann überaus hilfreich sein bei der Konstruktion von intelligentem Wissen und dem Transfer. Gerade weil sie in diversen Disziplinen zur Anwendung gelangen und immer für eine übersichtliche Bündelung von Information sorgen, sollten sie speziell geübt werden.

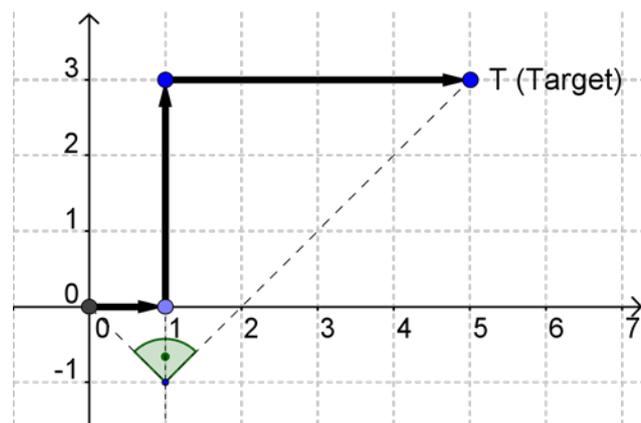


Abb. 3

Das MINT-Lernzentrum im Überblick

Das im Jahre 2009 gegründete MINT-Lernzentrum der ETH Zürich verfolgt das Ziel, die mathematisch-naturwissenschaftliche Allgemeinbildung zu verbessern. Dass gerade Fachleute dieser Studienrichtungen besonders gesucht sind, ist längst kein Geheimnis mehr. Freilich ist dieses wichtige Ziel aber nicht von heute auf morgen zu erreichen.

Am MINT-Lernzentrum arbeiten Lehr- und Lernforscher gemeinsam mit Lehrpersonen (u.a. dem Autor dieser Zeilen), die teilweise vom Unterricht freigestellt sind, um hier ihre Expertise einzubringen. Die Lehrpersonen profitieren im Gegenzug von den Erkenntnissen der Forschung dazu, wie besonders lernwirksamer Unterricht gestaltet werden sollte – eine klassische Win-win-Situation. So entstehen hier Unterrichtsangebote, die auf den oben erläuterten Erkenntnissen der Lehr- und Lernforschung basieren und Lernformen einsetzen, die sich in empirischen Vergleichsstudien als besonders wirksam erwiesen haben.

Die Materialien, die am MINT-Lernzentrum erarbeitet werden, richten sich vor allem an Schulen und Lehrpersonen der Sekundarstufen I und II. Setzt ein intensives Bemühen, die Jugendlichen für die MINT-Fächer zu begeistern, erst dann ein, ist das allerdings oftmals zu spät. Um die langfristigen Wirkungen optimierter mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterrichtsangebote zu untersuchen, führt das MINT-Lernzentrum daher auch eine auf 15 Jahre angelegte Längsschnittstudie durch, in der herkömmlicher und optimierter Unterricht miteinander verglichen werden.

MINT von der Primarschule bis zur Matur

Die Zusammenarbeit in dieser Studie mit zur Zeit ungefähr 200 Primarschullehrpersonen aus der ganzen Schweiz (Versuchs – und Kontrollgruppe) verläuft so, dass diese am Institut ausgebildet werden und dann mit ihren Klassen naturwissenschaftlichen Unterricht basierend auf den sogenannten KiNT-Kisten (Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik) abhalten. Diese von Prof. Dr. Kornelia Möller und ihren Kollegen an der Universität Münster entwickelten und im Spectra-Verlag herausgegebenen Lernboxen sind in ihrer Lernwirksamkeit bewährt und wissenschaftlich geprüft. Sie bieten Experimentiermaterialien für die Schülerinnen und Schüler sowie gut ausgearbeitete Ordner mit Anleitungen und Hilfestellungen für die Lehrpersonen.



Abb. 4

Das Ziel des Lernzentrums ist es, ein Spiralcurriculum aufzubauen, in dem mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte immer wiederkehren und auf verschiedenen Anspruchsniveaus für eine permanent hohe Motivation der Jugendlichen für die MINT-Fächer sorgen. So entsteht MINT-Förderung von der Primarschule bis zur Matura. Freilich soll während und am Ende dieses langen Prozesses genau untersucht werden, ob und wie genau sich ein solches Spiralcurriculum auf das naturwissenschaftliche Wissen und die Motivation der Jugendlichen auswirkt.

Angebote

Das MINT-Lernzentrum bietet Unterrichtsmaterialien an, die nach Gesichtspunkten der Lehr- und Lernforschung optimiert sind. Bereits liegen ausgearbeitete Sequenzen aus den Bereichen Mathematik, Physik und Chemie vor. Sie sind wissenschaftlich fundiert und aufeinander aufbauend und wurden verfasst mit dem Blick auf eine ganzheitliche Förderung der MINT-Fächer.

Die „pfannenfertigen“ Einheiten enthalten kognitiv aktivierende Einstiegsaufgaben, Lesetexte, die wahlweise den Lehrpersonen als Grundlage dienen oder den Lernenden kopiert abgegeben werden können, genaue Beschreibungen von Experimenten, Aufträge und Arbeitsblätter, ferner viele ausgearbeitete Selbsterklärungsaufgaben, metakognitive Fragen und Aufgabenblätter samt

Lösungen. Alle Materialien sind empirisch getestet und werden ergänzt durch je einen Prae- und einen Posttest.

Parallel dazu empfehlen wir eine eigens entwickelte Lernplattform, mit der die Schülerinnen und Schüler Aufträge überall bearbeiten können, wo sie Internetzugang haben, und die der Lehrperson ein rasches Korrigieren erlaubt und sie beim Analysieren des aktuellen Wissensstandes und der allfälligen Schwierigkeiten der Lernenden unterstützt.

Leitung / Kontakt / Infos

Das MINT-Lernzentrum befindet sich in Zürich an der Clausiusstrasse 59 (ETHZ, RZ E 1.1-1.2) und wird von Dr. Ralph Schumacher, Prof. Dr. Elsbeth Stern und Prof. Dr. Andreas Vaterlaus (Abb. 4) geleitet. Weitere Informationen findet man unter

<http://www.educ.ethz.ch/mint>

Hier findet man Publikationen, die die oben vorgestellten Grundätze der Lehr- und Lernforschung empirisch untermauern, ebenso wie Hinweise auf Fortbildungen für interessierte Lehrpersonen.