

## Experimentieren oder Konstruieren?

- Zur Differenzierung naturwissenschaftlicher und technischer Bildung aus fachdidaktischer Perspektive -

**Maike Tesch\***

\*Leibniz Universität Hannover, IDMP, Welfengarten 1, 30167 Hannover, tesch@idmp.uni-hannover.de

### Kurzfassung

Ziel dieses Beitrags ist, eine Differenzierung technischer und naturwissenschaftlicher Bildung aus fachdidaktischer Perspektive vorzunehmen. Die Verwendung des Oberbegriffes „technisch-naturwissenschaftliche Bildung“, wie er in allgemeinen Bildungsdiskussionen häufig verwendet wird, scheint aus fachdidaktischer Perspektive problematisch für die einzelnen Disziplinen zu sein. Deshalb werden das Experimentieren und das Konstruieren als jeweils zentrale Vorgehensweise analysiert und gegenüber gestellt. Das Experimentieren prägt den Physikunterricht und ist ein wichtiges Vermittlungselement für fachliche Inhalte. Demgegenüber beinhaltet der Konstruktionsprozess in der Technik spezifische Aspekte wie Design, Optimierung und Recycling, die im derzeitigen naturwissenschaftlichen Unterricht kaum eine Rolle spielen. Da Technik in den meisten allgemeinbildenden Schulen kaum unterrichtet wird, ergibt sich die Notwendigkeit, technische Bildung in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Für die typischen Fächerkonstellationen werden Maßnahmen vorgeschlagen, um den Bereich der technischen und naturwissenschaftlichen Bildung im Unterricht angemessen zu behandeln. Ein Pilotprojekt mit Studierenden für das Lehramt an Realschulen und weitere Forschungsansätze zu den Sichtweisen von Lehrkräften zur Unterscheidung von „Nature of Science“ und „Nature of Technology“ werden vorgestellt.

### 1. Einleitung

„Technisch-naturwissenschaftliche“ Bildung ist seit TIMSS und PISA in den Mittelpunkt bildungspolitischer Diskussionen gerückt. Aus fachdidaktischer Perspektive sind die technische und naturwissenschaftliche Bildung differenziert zu betrachten und die zentralen Merkmale auch in integrierten Unterrichtsfächern zu wahren. Dazu werden im Folgenden diese Merkmale untersucht und gegenüber gestellt.

### 2. Experimentieren als naturwissenschaftliche Vorgehensweise

Experimentieren ist ein zentrales Element naturwissenschaftlicher Bildung. Als typische naturwissenschaftliche Arbeitsweise steht es ebenso wie das Modellieren im Zentrum von naturwissenschaftlichen Bildungsbegriffen wie Scientific Literacy oder naturwissenschaftlicher Grundbildung [1]. Dabei sind sowohl erkenntnistheoretische, als auch unterrichtsmethodische und lerntheoretische Funktionen von Experimenten vielfältig [2]. Je nach didaktischer Intention kann auch der Verlauf einer experimentellen Unterrichtsphase spezifische Merkmale haben. Man findet in der Literatur zum eigenständigen Experimentieren - auch unter dem Begriff „inquiry“ - Verlaufsbeschreibungen, z.B. Planen – Untersuchen – Auswerten – Interpretieren [3,4,5]. Je nach Funktion und Gestaltung des Experiments, kann dieser Verlauf im Unterricht individuell verändert sein. [6]. Kategorisiert man diese experimentellen Phasen nur grob in Vorbereitung, Experimentieren

und Nachbereitung (Abb. 1), so erhält man folgende prozentuale Anteile im Physikunterricht der Sekundarstufe I: Vorbereitung 12 %, Experimentieren 21 % und Nachbereitung 35 %.<sup>1</sup>

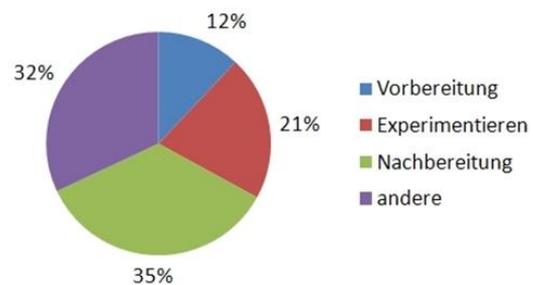


Abb. 1: Experimentierphasen im Unterricht

Eine differenziertere Betrachtung der Phasen für alle gängigen Experimentierformen (Schülerübung, Demonstrationsexperiment, Forschungsphase, Freihandversuche) gemeinsam ist nicht möglich, da jede Form ihre spezifischen Verläufe hat.

Die Funktion des Experiments im Unterricht kann je nach Intention verschieden sein. Es zeigt sich jedoch, dass zumindest im Mittelstufenunterricht der Realschulen und Gymnasien überwiegend die Darstellung physikalischer Phänomene und Gesetzmäßigkeiten im Vordergrund steht (Abb. 2). Experi-

<sup>1</sup> Videostudie Physik, 2. Projektphase

mente werden hier als (Über-)Träger physikalischer Erkenntnisse verwendet.

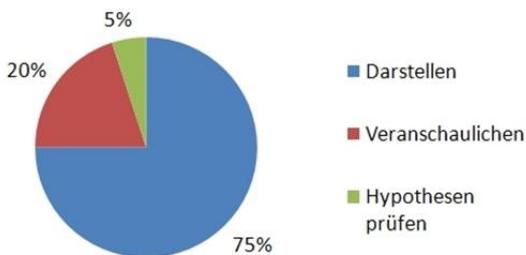


Abb. 2: Funktionen des Experiments

Dies zeigt sich auch in Befunden der europäischen Studie „Labwork in Science Education“, in der Lehrkräfte mehrerer europäischer Staaten nach den Zielen von experimentellem Unterricht befragt wurden. Als zentrales Ziel von Experimenten wird die Vermittlung von fachlichen Inhalten noch vor der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen genannt [7].

### 3. Konstruieren als technische Vorgehensweise

Eine in ähnlichem Maße zentrale technische Arbeitsweise ist das Konstruieren. Es umfasst auch das Design und die Optimierung von technischen Sachsystemen. Vorrangig ist im technischen Konstruktionsprozess stets die Lösung eines technischen Problems, welches in typischer Weise einem menschlichen Bedürfnis oder Wunsch entspricht. Unter finaler Perspektive wird meistens ein Produkt – eine technische Lösung – erstellt, welche für eine konkrete Situation hergestellt, genutzt und später wieder entsorgt wird.

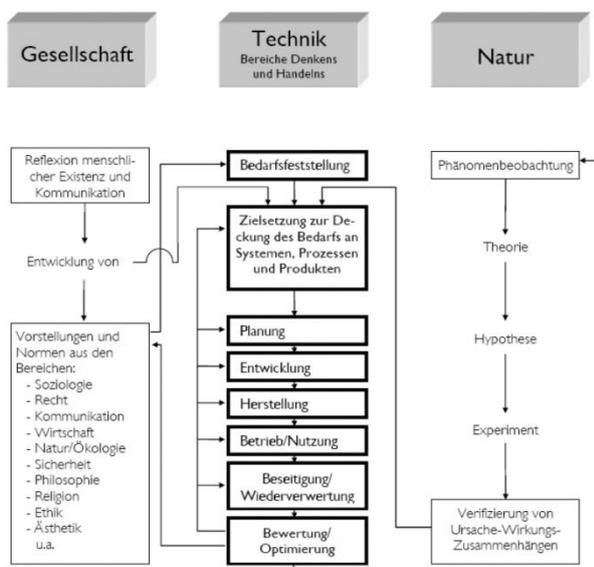


Abb. 3: Gesellschaft – Technik – Natur [8]

### 4. Differenzierung technischer und naturwissenschaftlicher Bildung

Während das Experimentieren ein Teil eines verallgemeinernden Erkenntnisprozesses ist, ist das Konstruieren Teil eines konkretisierenden und manifestierenden Gestaltungsprozesses (Abb. 3). Dabei unterscheiden sich die Perspektiven, aber nicht unbedingt die Objekte und Inhalte: Der technische Entwicklungs- und Gestaltungsprozess findet zielorientiert, also unter finaler Perspektive statt (Tab. 1). In den Naturwissenschaften finden überwiegend kausale, d.h. nach kausalen Zusammenhängen suchende, Forschungsprozesse statt. Die unter finaler Perspektive entwickelten technischen Sachsysteme unterliegen den gestalterischen Notwendigkeiten von Design und Optimierung, da sie Bedürfnisse erfüllen sollen, die aus sich teilweise widersprechenden Faktoren bestehen (z.B. Kosten vs. Nutzen, Mobilität vs. Umweltverschmutzung, Produktionskosten vs. Kosten für Recycling und Entsorgung).

Technik	Naturwissenschaften
Finale Perspektive	Kausale Perspektive
Konkretisierender und manifestierender Gestaltungsprozess	Verallgemeinernder Erkenntnisprozess
Konstruieren	Experimentieren
Design	-
Optimierung als multiperspektivischer Ansatz	Optimierung bezüglich der Erkenntnisfunktion
Recycling (vollständiger Produktkreislauf)	Recycling nur bei technischen Produkten, die im Rahmen des Erkenntnisprozesses entstanden sind

Tab. 1: Differenzierung von Technik und Naturwissenschaften

Es ergibt sich die Konsequenz, dass es nicht ausreicht, im Physikunterricht von technisch-naturwissenschaftlicher Bildung zu sprechen. Obwohl es Überschneidungen im Objektbereich und bei Anwendungen gibt, bleiben die Perspektiven und Prozesse der jeweiligen Wissenschaft klar voneinander differenziert. Verkürzt man die Technik auf den Anwendungsbereich naturwissenschaftlicher Gesetze oder die Naturwissenschaften auf den Grundlagenlieferanten für Technik, so vermischt man zwei unterschiedliche Perspektiven und zwei ganz unterschiedliche grundsätzliche Ziele, die gleichzeitig kaum umgesetzt werden können. Es ist für ein korrektes wissenschaftstheoretisches Verständnis notwendig, die gegensätzlichen Perspektiven, Ziele und Prozesse zu verdeutlichen, und gerade diese Gegensätzlichkeit als Triebfeder des Fortschritts in diesen Gebieten zu verstehen.

## 5. Technische Bildung in der Sekundarstufe

Um den verschiedenen Aspekten technischer und naturwissenschaftlicher Bildung in der Sekundarstufe gerecht zu werden, ist zu beachten, dass Technik in Deutschland nicht zum allgemeinbildenden Fächerkanon aller Schulformen gehört und oft in Fächerverbänden in Anteilen auftritt [9]. Tabelle 2 enthält drei typische Fächerkonstellationen, sowie vermutete nachteilige Wirkungen bezüglich der differenzierenden Wahrnehmung technischer und naturwissenschaftlicher Bildung. Es sind jeweils Gegenmaßnahmen benannt – Ansatzpunkt sind die Sichtweisen der Lehrkräfte. Fortbildungen zu einem vertieften Verständnis technischer Bildung können m.E. nach die Qualität des Unterrichts verbessern. Dabei liegt hier die Vermutung zugrunde, dass durch sogenannte Schlüsselerlebnisse die Sichtweise, Technik sei „nur“ angewandte Naturwissenschaft, in relativ kurzer Zeit überwunden werden kann.

Fächer	Vermutete Wirkung	Vorgeschlagene Gegenmaßnahme
NWT	Spezifika der Fachdisziplinen werden weniger deutlich	gezielte Sensibilisierung der LK für die Strukturen der anderen Fachdisziplinen
Technik	Technik in der Werkstatt Naturwissenschaften im Labor	Fächerübergreifende Projekte, gemeinsame Lehrerfortbildungen
Technik-AG	Technik wird überwiegend als Anwendung von Naturwissenschaften wahrgenommen	Techno-Science (nach Benzce) gezielte Fortbildung von Physiklehrkräften

Tab. 2: Varianten von Technikunterricht

## 6. Lehrerbildung bezüglich Nature of Science und Nature of Technology

Im WS 2009/2010 fand in Kooperation mit dem Institut für Technikdidaktik (AG Burgmer) der Universität Flensburg ein Kurs „Naturwissenschaft und Technik“ für angehende Physiklehrkräfte (Realschule) statt. Neben grundlegenden theoretischen Vorträgen bestand die Veranstaltung aus einem Praxistag in den Werkstätten des Instituts für Technikdidaktik in Flensburg. Die Studierenden führten dabei ein Projekt (Bau einer Alarmanlage) durch, welches für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe entwickelt worden war und reflektierten dies anschließend aus fachdidaktischer Perspektive.<sup>2</sup> Durch das selbsttätige Nachvollziehen eines technischen Konstruktionsprozesses wurden Erfahrungen mit den verschiedenen Arbeitsprozessen von Naturwissenschaften und Technik ermöglicht. In der anschließenden Reflexion wurden die Unterschiede (siehe Tab. 1) theoretisch fundiert. Eine Evaluation der Veranstaltung

<sup>2</sup> <http://www.uni-flensburg.de/technik/news.shtml>

(N=6) ergab Hinweise auf eine veränderte Sichtweise der Technik (bzw. Nature of Technology, NoT) und eine veränderte Bereitschaft zur Kooperation mit Techniklehrkräften im künftigen eigenen Unterricht.

## 7. Ausblick

Constantinou et al. haben eine Erhebung für Schülerinnen und Schüler, bzw. Lehramtsanwärterinnen und -anwärter durchgeführt, in der Projekte mit finaler oder kausaler Perspektive den Naturwissenschaften oder der Technik zuzuordnen waren [10]. Dabei zeigt sich, dass Technik und Naturwissenschaften oft oberflächlich nach Inhaltsgebieten und nicht nach Vorgehensweisen unterteilt werden. Die oben beschriebene Intervention kann als Vorlage für Lehrerfortbildungen oder Seminare zur Lehrerbildung dienen, die diesen unangemessenen Vorstellungen entgegenwirken. Mithilfe eines geeigneten Fragebogens können derartige Fortbildungen evaluiert werden. Dies liefert gleichzeitig eine Datenbasis zu Vorstellungen von Lehrkräften zur Nature of Technology. Bei der Gestaltung solcher Fortbildungen sind Kooperationen mit außerschulischen Lernorten oder Firmen m.E. förderlich. Entscheidend ist hier, den Lehrkräften Technik in authentischen Zusammenhängen nahe zu bringen und so ein angemessenes Verständnis über Gemeinsamkeiten und Unterschiede technischer und naturwissenschaftlicher Bildung zu fördern.

## 8. Literatur

- [1] Bybee, R.W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber, W. & K. Bolte (Eds.), *Scientific literacy* (pp. 37-68). Kiel: IPN – Leibniz-Institute for Science and Mathematics Education.
- [2] Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen, S. 339.
- [3] Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
- [4] Anderson, R. (2008). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. Abell & N. Lederman, (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 807-830). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [5] Lind, G., Kross, A., & Mayer, J. (1998). Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht. Erläuterungen zu Modul 2 des BLK-Modellversuchsprogramms SINUS. Kiel: IPN.
- [6] Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. Berlin: Logos. S. 170.
- [7] Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K., & v. Aufschnaiter, S.

- (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29-44.
- [8] Thönnsen, K. (2007). Potentialerweiterung webbasierter und hypermedialer Lernsysteme durch Integration technischer Experimente und Realobjekte. Online-Dissertation. <http://www.zhb-flensburg.de/dissert/toennsen/>
- [9] Hartmann, E., Kussmann, M. & Scherweit, S. (Hrsg.) (2008). Technik und Bildung in Deutschland. Technik in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen –Eine Dokumentation und Analyse. VDI-Report 38. Düsseldorf: VDI.
- [10] Constantinou, C., R. Hadjilouca, et al. (2010). Students' epistemological awareness concerning the distinction between science and technology. *International Journal of Science Education*, 32(2), 143-172.