

Krömker, Heidi; Hoffmann, Martin; Huntemann, Nadja:

Wissensstrukturierung für das Lernen in den Ingenieurwissenschaften

URN: [urn:nbn:de:gbv:ilm1-2019200376](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2019200376)

DOI: [10.22032/dbt.39253](https://doi.org/10.22032/dbt.39253)

Zuerst erschienen in: Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung : die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung : Referate der 11. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2016 an der Technischen Universität Hamburg vom 23.-25. Juni 2016. - [Berlin] : IPW, 2017. - S. 101-108.

Original veröffentlicht: Mai 2017

ISBN (print): 978-3-9818728-0-4

DOI (Tagungsband): [10.15480/882.1394](https://doi.org/10.15480/882.1394)

[Gesehen am: 2019-04-09]



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/).

Eine Kopie dieser Lizenz ist abrufbar auf folgender Website:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

WISSENSSTRUKTURIERUNG FÜR DAS LERNEN IN DEN INGENIEURWISSENSCHAFTEN

Heidi Krömker¹, Martin Hoffmann² und Nadja Huntemann¹

¹ TU Ilmenau, Fachgebiet Medienproduktion

² TU Ilmenau, Fachgebiet Mikromechanische Systeme

heidi.kroemker@tu-ilmenau.de, martin.hoffmann@tu-ilmenau.de, nadja.huntemann@tu-ilmenau.de

Abstract 1 Sowohl die systematische Auswahl als auch die Strukturierung von ingenieurwissenschaftlichen Wissen stellt für die Lehrenden der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge eine Aufgabe dar, die mit dem zunehmenden und heterogenen Wissensumfang in den Studienfächern immer wichtiger wird. Die Literaturanalysen ergaben, dass es bisher dazu kein geschlossenes methodisches Vorgehen gibt.

In Anlehnung an die Arbeiten von Martin Lehner und Gustav Grüner wird ein Modell zur systematischen Auswahl von Wissen für Studiengänge entwickelt, das Bezüge zur Wissenschaft und zur berufsorientierten Anwendung gleichermaßen erhält. Um geeignete Prinzipien zur didaktischen Vermittlung des Wissens zu finden, werden für das Feld der Mikrosystemtechnik empirische und analytische Studien durchgeführt.

Keywords: Wissensstrukturierung, ingenieurwissenschaftliches Wissen, Berufswissen, didaktische Wissensvermittlung, Mikro-Nano-Integration

Abstract 2 As the systematic selection and the structuring of knowledge in the field of engineering sciences are challenging for lecturers of engineering study programs, these two components are becoming increasingly important through the rise of heterogeneous knowledge content within the degree courses. The literature analysis has shown that a cohesive methodological approach does not yet exist.

Taking into account the works of Gustav Grüner, a model for the systematic selection of knowledge for study programs is developed, which equally contains references to science as well as to job-oriented application. Analytical and empirical studies were conducted within the context of a case study for the field of microsystem technology, in order to detect appropriate principles for the didactic mediation of knowledge.

Keywords: knowledge structuring, engineering sciences knowledge, professional knowledge, didactic mediation, micro-nano-integration

MOTIVATION

Gerade neue Wissenschaftsgebiete haben eine hohe Innovationsgeschwindigkeit und lassen sich in weiten Teilen nur in internationalen wissenschaftlichen Veröffentlichungen erschließen. Die Ergebnisse der Grundlagenforschung lassen sich so oft nicht schnell genug mit aktuellen Entwicklungsfragestellungen verknüpfen. In den Studiengängen zur Mikro-Nano-Technologie stehen Lehrende z. B. vor der Herausforderung, das Wissen sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientiert zu vermitteln. Ziel des Beitrages ist es zu zeigen, wie in Anlehnung an die Arbeiten von Martin Lehner [3] und insbesondere Gustav Grüner [1] Wissens Elemente für Studiengänge systematisch so ausgewählt werden

können, dass sie Bezüge zur Wissenschaft und zur berufsorientierten Anwendung gleichermaßen enthalten. Darüber hinaus wird gezeigt, wie digitale Werkzeuge dazu verwendet werden können, eine Konzentration und Vereinfachung der Vermittlung zu unterstützen. Als Fallbeispiel dient eine Wissensplattform zur Vermittlung von Mikrosystemtechnikwissen.

ANALYSE VON WISSENSSTRUKTUREN IN DEN STUDIENGÄNGEN

Ingenieurwissenschaftliche Studiengänge sind gekennzeichnet durch umfangreiches Grundlagenwissen, das in den ersten Semestern erworben wird, und dann in den darauffolgenden Semestern mit Anwendungs- und Spezialwissen verknüpft werden sollte.

Eine beispielhafte Analyse von vier Bachelorstudiengänge-Mikrosystemtechnik¹ zeigt, dass die Anteile von Grundlagenfächern, wie z. B. Mathematik, Physik und Elektrotechnik, zwischen ca. 20 und 40 Prozent schwanken und in Abhängigkeit davon die Studienfächer Mikrosystemtechnik und Anwendungen einen unterschiedlichen Raum im Studienplan einnehmen. In den zuletzt genannten Studienfächern erfolgt dann auch die Verknüpfung mit dem Grundlagenwissen.

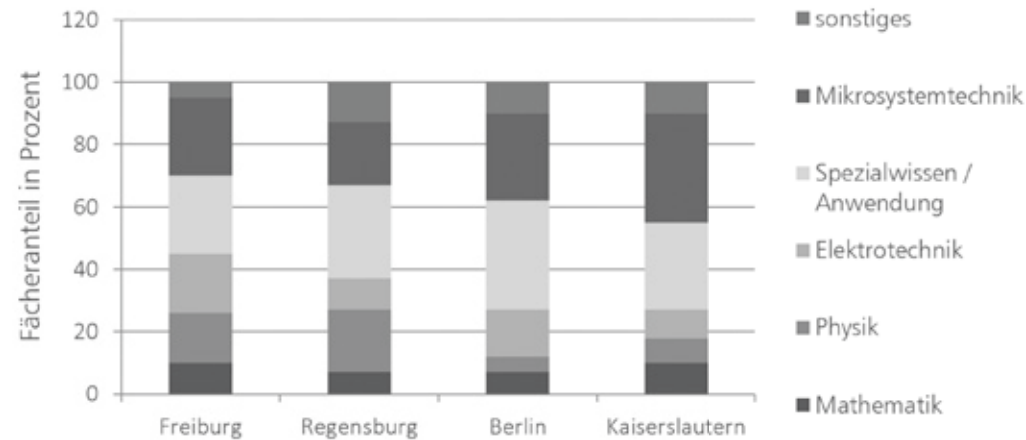


Abbildung 1 Strukturen in Mikrosystemtechnik-Studiengängen

Ein beispielhaftes „Zerlegen“ dieser Fächer in kleine Themenblöcke zeigt auf, dass sich darin einige tausende Einzelthemen verbergen. Für Studierende stellt die Aneignung dieser Einzelthemen eine große Herausforderung dar, die für viele kaum bzw. nicht zu bewältigen ist. Dies zeigt sich in den typischen Überschreitungen der Regelstudienzeit von Ingenieurstudiengängen sowie in einer durchschnittlichen Abbruchquote von über 35 % [4].

DAS PRINZIP DER DIDAKTISCHEN REDUKTION

Um diese umfangreichen und komplexen Sachverhalte für Studierende überschaubar und begreifbar zu machen, sollen diese im Sinne von Martin Lehner [3] didaktisch reduziert werden. Der Begriff Reduktion lässt erkennen, dass es sich dabei um eine Verringerung bzw. auch Vereinfachung handelt. Lehner [3] unterscheidet dabei die Reduktion des Stoffumfangs für das Curriculum und die vermitt-

¹ Die Analyse wurde für die Bachelorstudiengänge Mikrosystemtechnik an den Hochschulen: Universität Freiburg, Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin und Hochschule Kaiserslautern durchgeführt.

lungstechnische Vereinfachung. Grüner [1, S. 58] geht von der Annahme aus, dass es eine Schnittmenge gibt, zwischen dem wissenschaftlichen Wissen und dem Anwendungswissen, das in der Ausführung von konkreten Aufgaben zum Tragen kommt (Abbildung 2). Dieses Modell kann dazu dienen den Teil des wissenschaftlichen Wissens zu extrahieren, das in konkretem Bezug zu typischen Aufgaben steht.



Abbildung 2 Berufswissen als Schnittmenge zwischen Anwendung & Wissenschaft nach Grüner [2, S. 79]

Bei der vermittlungstechnischen Vereinfachung geht es nach Lehner [3, S. 10] darum, dass die elementaren und fundamentalen Aspekte einer Sache unter Berücksichtigung der jeweiligen Lernvoraussetzungen herausgearbeitet werden.

FALLSTUDIE: CURRICULARE REDUKTION IN DER MIKROSYSTEMTECHNIK

Zur Analyse der Wissensbedarfe werden Studierende und Absolventen von Mikrosystemtechnik-Studiengängen befragt, welcher Wissensbedarf bei der Lösung erster ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen auftritt (Tabelle 1).

Tabelle 1
Wissensbedarfe aus Sicht der Studierenden

Basiswissen	physikalische Grundlagen, Zusammenhänge und Wirkungen, Gesetze und Formeln, grundlegende Verfahren und Prozesse
Anwendungswissen	Anlagenbau, Prozessentwicklung, Produktentwicklung, Optimierung, Analytik
Detailwissen	Parametereinstellung, Materialeigenschaften, Randbedingungen, Oberflächeneigenschaften, Stellgrößen, Optimierung
Interdisziplinäres Wissen	Physik, Technik, Mechanik, Konstruktion, Informatik, Optik, Chemie, Elektronik

Zusätzlich werden exemplarisch Unternehmen aus dem Bereich Mikrosystemtechnik befragt [5, S. 440], in welcher Arbeitssituation mikrosystemtechnischer Wissensbedarf auftritt (Tabelle 2).

Tabelle 2
Wissensbedarfe aus Sicht von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in den Unternehmen

Verunreinigung, Integrationsprozesse, Diffusion, Werkstoffe, Ätzen, Analyse	Festlegung und Einhaltung von Randbedingungen (Temperatur, Druck, Badwechsel, Liegezeit) Auswirkungen von Änderungen des Materials oder der Anlage
Diffusion, Skalierung, Ätzen	Auswirkungen von kleinsten Parameterabweichungen Auswirkungen von Änderungen von Reaktivmulti- und Diffusionsschichten Auswirkungen von Änderungen von Stellgrößen
Integrationsprozesse, Nanostrukturen, Kontaktwinkel	Auswirkungen von Feinstruktureffekten und Nahbereichs-Wechselwirkungen
Werkstoffe, Nanostrukturen	Beschädigung von Schichten beim Tempern Fehlendes Verständnis der verschiedenen Klebearten
Wechselwirkungen, Diffusion, Verunreinigung	Fehlerauswirkungen im laufenden Prozess Einfluss der Fertigung auf die Langzeitstabilität Reaktionen von Material an der Luft Folgen eines Fingerabdrucks auf das Produkt Fehler werden nicht verstanden da die Folgen nicht sichtbar und erst später messbar werden ESD-Richtlinien (ESD= electrostatic discharge) werden nicht verstanden Gegenseitiges Verständnis von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen aus der Beschichtung und Montage

Aus diesen typischen Problemstellungen werden entsprechende arbeitssituierte Wissensmodule abgeleitet, die wissenschaftliches Wissen mit anwendungsorientiertem Wissen verknüpfen. Die Fachlandkarte (Abbildung 3) zeigt die Strukturierung des Wissens für die Mikrosystemtechnik.



Abbildung 3 Extraktion einer Fachlandkarte auf der Basis von arbeitssituiertem Wissen

FALLSTUDIE: VERMITTLUNGSTECHNISCHE REDUKTION

Die vermittlungstechnische Reduktion des Wissens wird durch den Einsatz einer digitalen Wissensplattform² unterstützt. Die Anforderungen an die Wissensvermittlung werden in verschiedenen Fokusgruppen, wie sie Abbildung 4 zeigt, erhoben.



Abbildung 4 Fokusgruppen zur Ermittlung von Anforderungen an die Wissensvermittlung

Die Analyse der Zielgruppe zeigt, dass die Wissensplattform eine hohe Flexibilität aufweisen muss in Hinblick auf die unterschiedlichen Motivationen, Zeitbudgets und Bedarfe an Wissenstiefen und -zugängen. Kernergebnis war aber auch, dass informelle Informationsquellen, wie z. B. Wikipedia oder YouTube, mit einbezogen werden sollten (Tabelle 3).

Tabelle 3
Auszüge aus den Ergebnissen zur Form der Wissensvermittlung

Form	Inhalt
Text soll schnell erfassbar sein	Lernziele
Information kompakt	Texte mit strukturierter Information
Stichpunkte und Tabellen	Fallbeispiele und Anwendungsfälle
Einheitlichkeit der Struktur	Integration von YouTube, Wikipedia usw.
Integration von YouTube, Wikipedia usw.	Zusammenfassungen am Ende
...	...

Auf Basis der Ergebnisse aus der Anforderungsanalyse werden die Inhalte aus der Fachlandkarte in Booklets überführt, deren Struktur eine Verknüpfung von wissenschaftlichem und anwendungsorientiertem Wissen erlaubt.

² BMBF-Projekt NanoTecLearn E-Learning für die Aus- und Weiterbildung in der Mikro Nano Integration, URL: <https://www.tu-ilmeneau.de/nanoteclearn/>

Jedes Booklet widmet sich einem speziellen Teilgebiet und gliedert sich in fünf Kapitel³:

1. Der Zugang zum Thema, die Orientierung, erfolgt über eine Fragestellung aus dem beruflichen Alltag im Bereich Mikro-Nano-Integration und führt auf die zugrundeliegenden gesetzmäßigen Zusammenhänge hin. Diese sind als Lernziele formuliert. Die Inhalte der Lerneinheit werden in einer übergeordneten Fachlandkarte verortet.
2. Die theoretischen Grundlagen zum Verstehen sowie zur Lösung der Fragestellung werden als systematisch strukturierte Wissensseinheit vermittelt.
3. Daran schließt sich eine Interaktion mit den theoretischen Grundlagen an. Diese erfolgt sowohl systemorientiert als auch orientiert an den Prinzipien des entdeckenden Lernens. Bei der Wissensplattform stehen interaktive Formeln im Vordergrund, die Zusammenhänge zwischen Parametern visualisieren. Aber auch die Bildsequenzen, die sich die Lernenden interaktiv erschließen können, unterstützen das entdeckende Lernen. Die Lernenden sollen so motiviert werden, eigene Erkenntnisse zu den Fragestellungen aus ihrem beruflichen Alltag zu gewinnen und sich induktiv handlungsrelevante Zusammenhänge erschließen.
4. In diesem Kapitel erfolgt der Transfer des Wissens auf Aufgaben aus dem Berufsalltag im Bereich Mikro-Nano-Integration. Die Beschreibung von praktischen Aufgaben deutet die Transfermöglichkeit des Gelernten an.
5. Das letzte Kapitel dient der Reflexion des Gelernten. Es werden wichtige Erkenntnisse der Lerneinheit noch einmal zusammengefasst und die Lernenden können über Prüfungsfragen den Lernerfolg überprüfen.

Ein Booklet umfasst ca. 15 DIN A4-Seiten und erfordert einen Lernaufwand von ca. 90 Minuten.

Die Vereinfachung der didaktischen Vermittlung sieht vor, dass sich die Lernenden dem Lerngegenstand aus einer physikalischen Perspektive über Formeln, aus einer visuell-analytischen Perspektive über z. B. Mikroskopieaufnahmen und aus einer ganzheitlichen Perspektive über Texte in Booklets nähern können, um flexibel an ihr heterogenes Vorwissen anknüpfen zu können, wie Abbildung 5 illustriert. Der Unterschiedlichkeit der Wissensbedarfe wird Rechnung getragen, indem das selektive Lernen unterstützt wird. Die Texte bieten Inhalte in unterschiedlicher Wissenstiefe an. Eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wird durch interaktive Aufgaben im Bildbetrachter und im Text sowie interaktive Formeln erreicht.

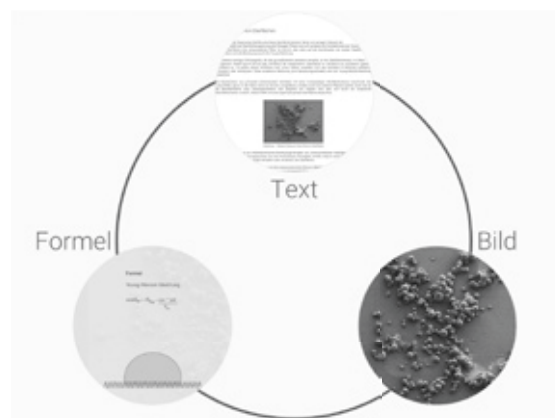


Abbildung 5 Multiple Wissenszugänge zu den Wissensmodulen

Der Unterschiedlichkeit der Wissensbedarfe in der Zielgruppe wurde in der Wissensplattform Rechnung getragen, indem das selektive Lernen unterstützt wird. Die Texte bieten Inhalte in unterschied-

licher Wissenstiefe an. Eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wird durch interaktive Aufgaben im Bildbetrachter und im Text sowie interaktive Formeln erreicht.

Ein wesentliches Werkzeug der Wissensplattform ist der Bildbetrachter, wie ihn Abbildung 6 zeigt.

Die Wissensplattform sieht vor, dass die Lehrenden das Basiswissen mit ihren speziellen Anwendungsfällen erweitern können. So können eigene Beispiele, die bereits vorhanden sind, systematisch integriert werden. Tools zum Vergleichen von Mikro- und Nanostrukturen eröffnen neue Einsichten und Forschungspotentiale.



Abbildung 6 Bildbetrachter der Wissensplattform: Das Unsichtbare wird sichtbar

Die Wirkungsweise von veränderten Parametern erschließen sich die Lernenden mit interaktiven Formeln, wie aus Abbildung 7 ersichtlich wird.

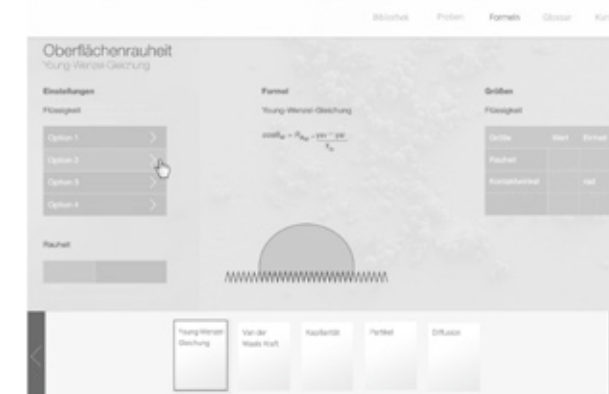


Abbildung 7 Interaktive Young-Wenzel-Gleichung zur Bestimmung des Einflusses der Oberflächenrauheit auf den Kontaktwinkel

Die Lernformen können vom Mikrolernen auf Smartphones bis hin zum kollaborativen Bearbeiten von Fragestellungen am PC reichen. Abbildung 8 zeigt die Wissensplattform auf einem Smartphone. Damit können auch Situationen, in denen nur wenig Zeit ist, zum Lernen genutzt werden, wie z. B. unterwegs im Bus.

³ In Anlehnung an das didaktische Konzept der Open MINT-Labs, URL: <https://www.openmintlabs.de/kontakt/>



Abbildung 8 Mikrolernen auf dem Smartphone

Referenzen

- [1] Grüner, Gustav (1967). Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. Aufgewiesen an Beispielen der Berufsschuldidaktik. In: Die deutsche Schule, 59. Jg., H. 7/8, S. 414–430.
- [2] Grüner, Gustav (1978). Bausteine zur Berufsschuldidaktik. Spee-Verlag, Trier.
- [3] Lehner, Martin (2012). Didaktische Reduktion. Haupt Verlag, Bern.
- [4] Simhandl, Katrin (2015). Abbruchquoten in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen verringern: Neues Projekt betreibt Ursachenforschung. URL: <http://www.acatech.de/de/aktuelles-presse/presseinformationen-news/news-detail/artikel/abbruchquoten-in-ingenieurwissenschaftlichen-studiengaengen-verringern-neues-projekt-betreibt-ursac.html> (zuletzt aufgerufen am 09.11.2016).
- [5] Knutzen, Sönke; Howe, Falk (2009). E-Learning im Handwerk. In: Klimsa, Paul; Issing, Ludwig J. (Hg.): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, S. 439–446.

Das Projekt NanoTecLearn wird im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahmen zur beruflichen Qualifizierung mit digitalen Medien gefördert.



<https://www.tu-ilmenau.de/nanoteclearn/>