

Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens in den Ingenieurwissenschaften

- erste Thesen und Literaturüberblick

Thomas Hapke, Universitätsbibliothek, TU Hamburg-Harburg, 5. Juni 2008
Internes Arbeitspapier StudIPort 2.0, Version 1.0

Die folgenden Thesen versuchen auf Basis eines Literaturüberblicks, Aspekte ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten bzw. des wissenschaftlichen Arbeitens von Ingenieuren zu unterscheiden.

1) Das Informationsverhalten und die Informationsbedürfnisse von Ingenieuren unterscheiden sich von anderen Fachdisziplinen und Berufsgruppen. Im klassischen Bereich der Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeitens (Kommunizieren, Publizieren und Präsentieren) gibt es besondere auf die Ingenieurwissenschaften zugeschnittene Publikationen.

Der erste Teil dieser These wird belegt durch eine Vielzahl von Untersuchungen in den Informations- und Bibliothekswissenschaften.¹ Kennzeichen sind Probleme der Verbalisierung des Informationsbedarfs aufgrund interdisziplinärer, stetig wechselnder Aufgaben, eine pragmatische Nutzung von Informationsangeboten, da oft schnell Information benötigt und Entscheidungen getroffen werden müssen und damit das Vorherrschen leicht zugänglicher oft auch informeller Informationsquellen (Arbeitsplatzdokumentation, Fragen von Fachkollegen usw.). Aufgrund hohen Zeitdrucks werden oft nur Informationsquellen konsultiert, die sofort verfügbar sind.

Schon früh hat der Chemiker Wilhelm Ostwald in einem Aufsatz mit dem Titel „Ein Mangel in der Ausbildung des Technikers“ auf - in heutiger Terminologie - nicht ausreichende Schlüsselkompetenzen bei Ingenieuren hingewiesen: „der Techniker kann nicht reden“.² Ostwald wollte „Lehrstellen für Wortkunst“ an technischen Universitäten gründen, um Vortragstechniken zu verbessern und diesbezügliche Aktivitäten in die Ausbildung von Ingenieuren integrieren.

Im Bereich des klassischen wissenschaftlichen Arbeitens existieren zahlreiche speziell auf Ingenieure zugeschnittene Bücher, wie beispielhaft eine Suchanfrage im TUHH-Katalog³ und die im Folgenden bei den einzelnen Teilbereichen wissenschaftlichen Arbeitens aufgeführten Werke zeigen.

- (a) Zur Informationssuche und zum Suchverhalten.⁴ Im Bereich Informationskompetenz gibt es sogar eigene Standards für Naturwissenschaft und Technik.⁵

¹ Beispiele: Kerins, G., Madden, R. & Fulton, C. (2004). "Information seeking and students studying for professional careers: the cases of engineering and law students in Ireland." Information Research, 10(1) paper 208 [Available at <http://InformationR.net/ir/10-1/paper208.html>], Elzbieta Gabrys-Deutscher: ViFaTec - Die Virtuelle Fachbibliothek Technik. Bibliotheksdienst 35 (2001) S. 573-580 (hier 578f), http://bibliotheksdienst.zlb.de/2001/01_05_04.pdf, Pinelli, Thomas E. et al.: The Information-Seeking Behavior of Engineers.- In: Encyclopedia of Library and Information Science / Allen Kent (Ed.) Vol.52, Spl.15 – New York 1993 S.167–201, online unter <http://de.scientificcommons.org/20712091>

² Wilhelm Ostwald, Ein Mangel in der Ausbildung des Technikers, in: Technik und Wirtschaft 11 (1918) 489-492

³ Suchanfrage

<https://katalog.b.tu-harburg.de/DB=1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=1016&SRT=YOP&TRM=bkl+02.13+and+%28all+ingenieur%3F+oder+all+engineer%3F+oder+all+techn%3F%29+>
bzw. <http://kURL.de/wiss-arbeit-ingenieure>

⁴ Information sources in engineering / Ed.: Roderick A. MacLeod and Jim Corlett. 4. ed. München : Saur, 2005 (enthält ein eigenes Kapitel mit dem Titel "Information and the Engineer" von Martin Ward, S. 2-24). Research within the disciplines : foundations for reference and library instruction / Peggy Keeran ... Lanham, Md.: Scarecrow Press, 2007. Literature search strategies for interdisciplinary research : a sourcebook for scientists and engineers / Linda G. Ackerson. - Lanham, Md.: Scarecrow Press, 2007.

- (b) Zur Kommunikation von Ingenieuren⁶
- (c) Schreiben von Ingenieuren.⁷ Ein besonderes Teilgebiet scheint hier die "Technische Dokumentation" zu sein, im Englischen meist "Technical writing" genannt.⁸
- (d) Allgemeines Wissenschaftliches Arbeiten für Ingenieure.⁹

2) Das praktische, wissenschaftliche Arbeiten von Ingenieuren unterscheidet sich von dem anderer Wissenschaftler, oder doch nicht?!

Was ist das Besondere der wissenschaftlichen Arbeit von Ingenieuren, das Interdisziplinäre, die ständig wechselnden Aufgaben, der Zeitdruck?

Im Rahmen des Projekts VISION hat die TUHH-Bibliothek anhand einer willkürlich ausgewählten Stichprobe eine kleine Umfrage zum wissenschaftlichen Arbeiten unter Wissenschaftlern der TUHH gemacht. Es folgt ein Teil dieser Fragen mit zugehörigen Antworten. Bei den Antworten waren keine großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Fachrichtungen zu erkennen.

Antworten (teilweise gekürzt) zu Frage 1: Was gehört für Sie zum 'wissenschaftlichen Arbeiten'?

Die systematische Identifikation und Eingrenzung von wissenschaftlich zu bearbeitenden Problemen und Fragestellungen und ihre ebenso systematische Bearbeitung unter konsistenter und transparenter Benutzung wissenschaftlicher Methoden. Daneben das stetige reflexive Hinterfragen des eigenen Vorgehens. (Sozialwissenschaftler)

Wissenschaftliches Arbeiten ist für mich alles, was zum Erlangen von Kenntnissen führt. Dazu gehören m.E. nach neben "Lernen" auch Fähigkeiten und Fertigkeiten, ... Die Methoden dazu sehe ich als beliebig an (deduktives - induktives Vorgehen z.B.). Wichtig ist, das die gewonnenen Kenntnisse reproduzierbar, der Wissensgewinn nachvollziehbar und dokumentiert ist - eben "wissenschaftlich". Für Ingenieure ergibt sich meistens dabei eine starke Vereinfachung: während andere Wissenschaften auf der Suche nach der "Wahrheit" sind, sind Ingenieure primär am "Machbaren" interessiert, aber was machbar ist, ist auch wahr. (Ingenieur)

Zeit. Genauer und feiner aufgeschlüsselt: Einarbeitung in ein Themengebiet, Literaturrecherche, Zeit zum Nachdenken, Reproduzierbarkeit, Nachvollziehbarkeit, Originalität, Ästhetik. (Mathematiker).

Regeln des Messens (Messfehler, systematisch, zufällig; Präzision, Richtigkeit des Messwertes; Eichung von Messgeräten), Regeln des Beobachtens und wie dieses dokumentiert, ausgewertet und analysiert wird (Laborbuch).

⁵ Information Literacy Standards for Science and Engineering/Technology
<http://www.ala.org/ala/acrl/acrlstandards/infolitscitech.cfm>

⁶ Professional communications in engineering / Hazel E. Sales. - Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2006.
 Communication patterns of engineers / Carol Tenopir. - Piscataway, NJ : IEEE Press [u.a.], 2004 (auch als E-Book im TUHH-Intranet!).
 Essential communication strategies for scientists, engineers, and technology professionals / Herbert L. Hirsch. - 2. ed. - Piscataway, NJ : IEEE Press, 2005 (auch als E-Book im TUHH-Intranet!).
 Introduction to engineering communication / Hillary Hart. - Upper Saddle River, NJ : Pearson/Prentice Hall, 2005.
 Erfolgreich kommunizieren : ein Leitfaden für Ingenieure / Hans F. Ebel. - Weinheim [u.a.] : Wiley-VCH, 2000.
 The MIT guide to science and engineering communication / James G. Paradis. - 2. ed. - Cambridge, Mass. [u.a.] : MIT Press, 2002.

⁷ A guide to writing as an engineer / David F. Beer. - 2. ed. - New York: Wiley, 2005.
 Writing like an engineer : a rhetorical education / Dorothy A. Winsor. - Mahwah, NJ : Erlbaum, 1996.
 The art of scientific writing : from student reports to professional publications in chemistry and related fields / Hans F. Ebel. - 2., completely rev. ed. - Weinheim : Wiley-VCH, 2004.

⁸ Technische Dokumentation : Praktische Anleitungen und Beispiele / Dietrich Juhl. - 2., neu bearbeitete Auflage. [Online-Ausg.]. - Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2005

⁹ Arbeiten und Lernen selbst managen : effektiver Einsatz von Methoden, Techniken und Checklisten für Ingenieure ; mit 37 Tabellen / Kristine Grotian; Karl Heinz Beelich. 2., vollst. überarb. Aufl. Berlin: Springer, 2004.
 Arbeitstechniken für Studierende der Ingenieurwissenschaften / [Kurt Landau]. Unter Mitarb. von: Yvonne Ferreira ... Stuttgart : Verl. Ergonomia, 2002.
 Vortragen in Naturwissenschaft, Technik und Medizin / Hans Friedrich Ebel. - 3., durchgehend aktualisierte Aufl. - Weinheim : Wiley-VCH, 2005.

Das erfordert Praktika im Studium, wo dieses geübt wird, und sich selbst überzeugt das man die Ergebnisse von anderen mit der erforderlichen Präzision reproduzieren kann.

Geduld, Ausdauer, Sorgfältigkeit und Hartnäckigkeit - aber das gilt wohl. Hypothesen aufstellen und wie diese überprüft werden können. Begriffe wie Induktion und Deduktion. Struktur der wissenschaftlich-technischen Literatur und wie man sie benutzt. ...Dies erfordert auch, dass man ein Überblick über den Stand der Technik und Wissenschaft auf dem Gebiet der Fragestellung hat (es zeigt sich doch immer, dass dieser während der Durchführung der Arbeit immer besser wird, da man einige Probleme auf dem Gebiet erst durch eigene Erfahrung richtig beurteilen kann). ...Es ist zu überlegen inwieweit nicht eine Veranstaltung Wissenschaftstheorie im Hauptstudium (Masters) verpflichtend sein sollte. (Biotechnologe)

Neue Erkenntnisse zu gewinnen, die über das in der Literatur vorhandene Wissen hinausgehen und für die wissenschaftliche Gemeinschaft von Bedeutung sind. Ebenso können neue Hypothesen auf der Basis von wissenschaftlichen Ergebnissen formuliert werden.

Die den Erkenntnissen zu Grunde liegenden Ergebnisse müssen jederzeit reproduzierbar und ggf. statistisch abgesichert sein. Experimente sollten so ausgelegt sein, dass die Antwort eindeutig ist. Auch Regeln des GLP (good laboratory practice) und ISO Regeln die es hier gibt, sollten beachtet werden. (Biologe)

Neugier; systematisches Arbeiten; Gründlichkeit sowie zu wissen, wann man aufhören sollte; Ehrlichkeit mit sich selbst und anderen; zu wissen, was man nicht weiß, ob das wichtig ist und falls ja, wo oder von wem man es herausfinden kann; die Fähigkeit, das eigene Tun in einem grösseren Rahmen zu sehen und somit zum Beispiel nicht alles und um jeden Preis zu (be)forschen. (Verkehrsplanerin)

Antworten zu Frage 2: Wie haben Sie gelernt, wissenschaftlich zu arbeiten?

Im Wesentlichen 'by doing' unter Rückgriff auf Vorbilder, Vorlagen und selektives Lehrmaterial. (Sozialwissenschaftler)

Letzlich gemäß Konfuzius auf allen drei Wegen, klug zu handeln: Erstens durch Nachdenken: Das ist der edelste. Zweitens durch Nachahmen: Das ist der leichteste. Drittens durch Erfahrung: Das ist der bitterste. Erfahrung ist nicht alles, aber durch nichts zu ersetzen. (Ingenieur)

Kurz gesagt: Versuch und Irrtum. Genauer: im offenen Meinungsaustausch mit Kollegen aus dem selben Gebiet. Ich glaube nicht, dass man es lernen kann wissenschaftlich zu arbeiten; man kann nur zur Wissenschaftlichkeit angeleitet werden und evtl. wissenschaftlicher arbeiten (Mathematiker).

Im Studium bei den damals sehr selbständigen Praktika insbesondere in der Physik und von meinen Lehrern in der wissenschaftlichen Ausbildung. (Biotechnologe)

Durch praktische Arbeiten im Labor während des Studiums, der Diplomarbeit und der Doktorarbeit. Durch Beteiligung an einem Forschungsprojekt Durch Kooperation mit anderen Forschergruppen im In- und Ausland. Durch Schreiben von eigenen Veröffentlichungen. (Biologe)

Durch 'learning by doing' während meines Bachelor Studiums, die Lektüre wissenschaftlicher Veröffentlichungen (auch der schlechten), die Kommentare zu meinen Arbeiten durch den Lehrkörper sowie den Kontakt zu erfahreneren Studierenden. (Verkehrsplanerin)

Antworten zu Frage 3: Welche Techniken und Methoden wissenschaftlichen Arbeitens sind für Sie besonders wichtig?

Weniger Methoden und Techniken, als Fähigkeiten, nämlich die zur Eingrenzung und Identifikation von Problemen und Fragen und zur Selbstkritik. (Sozialwissenschaftler)

Am Anfang steht stets die Materialsammlung (in der Regel Literatur, Patente), ist erst einmal der "Stand von Wissenschaft und Technik" einigermaßen verstanden geht es an die Planung: Problembeschreibung, Modellbildung, Formulierung theoretischer Konzepte, Suche nach Analogien, Aufstellen von Arbeitshypothesen und Verifikation/Falsifikation - ist eigentlich alles wichtig. Wir Ingenieure lieben auch immer eine versuchstechnische Absicherung, also z.B. statistische Versuchsplanung. (Ingenieur)

Assoziative Suche, Geduld, Disziplin, Ästhetik der Ergebnisse. Mir ist klar, dass das die Frage eigentlich nicht beantwortet. Allerdings ist diese Frage für meine Herangehensweise auch nicht relevant. Besonders

wichtig sind die erfolgreichen Techniken und Methoden. Welche das sind, weiss man allerdings immer erst hinterher. Vielleicht sollte man eher vor einem übertriebenen Festhalten an irgendwelchen ausgewählten Techniken und Methoden warnen. (Mathematiker)

Siehe Frage 1 und Phantasie, z.B. Wie kann ich das was ich untersuchen will nicht mit einfacheren Geräten und Methoden erarbeiten - was kann ich aus phänomenologisch ähnlichen Untersuchungen in anderen Fächern lernen z.B. Stofftransport ist im Boden, physiologischen Systemen, heterogene Katalysatoren, in Hromatographiesäulen sehr ähnlich Heterogene Katalyse ist sowohl in der Biologie, Chemie wie in der Biotechnologie wichtig aber phänomenologisch ähnlich. (Biotechnologe)

- Experimentelles Arbeiten
 - Korrekte und vollständige Protokollführung
 - Kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen
 - Literaturrecherche
 - Veröffentlichung in wissenschaftlichen Zeitschriften
 - Präsentation der Ergebnisse auf wissenschaftlichen Tagungen
 - Austausch mit anderen Wissenschaftlern mit Erfahrungen auf dem jeweiligen Fachgebiet
 - Kooperation mit spezialisierten Wissenschaftlern bei entsprechenden Fragestellungen in der eigenen Arbeit.
- (Biologe)

Diese Frage ist so allgemein, dass sie fast nicht zu beantworten ist, ausser durch einen wissenschaftstheoretischen Ansatz - Induktion, Deduktion, Argumentation, Systeme sowie ihre Grenzen (er)kennen und mindestens immer eine Grössenordnung über das eigene Tun hinausdenken, nach oben, wie nach unten (Verkehrsplanerin)

Antworten zu Frage 4: Bitte nennen Sie, wenn vorhanden, für Ihr Fachgebiet Kriterien und Standards, was wissenschaftliche Arbeiten umfassen müssen (Neuigkeitsgrad, Tiefe der Darstellung des Forschungsstandes, Umfang, Zitierformat, usw.)!

Konsistenz von Frage und Bearbeitung, Originalität und Innovativität der Fragestellung und der Bearbeitung, Berücksichtigung/Kenntnis und Verständnis der relevanten Debatten und Arbeiten, formale Sauberkeit in puncto Quellenarbeit. (Sozialwissenschaftler)

Im Ingenieurbereich ist stets der Neuigkeitsgrad interessant, der zum Beispiel in Patenten zum Ausdruck kommt. Ansonsten gibt es auch für die Darstellung/Dokumentation zahlreiche Normen (immer mehr und immer unübersichtlicher), denen man hinterher laufen muss leider. Ich selbst bin mehr ein Freund nicht standardisierten Arbeitens, solange es nur gut ist. (Ingenieur)

Ergebnisse müssen neu sein oder zumindestens eine neue Sichtweise präsentieren. Sie sollten prägnant und sauber dargestellt werden und in den Kontext bereits vorhandener Arbeiten zu dem behandelten Thema gestellt werden. Um es zu überspitzen: so kurz wie möglich, so lang wie nötig, mit Respekt gegenüber verwandten Arbeiten. Je nach Zeitschrift wird dabei mehr oder weniger (meist weniger) auf den Forschungsstand eingegangen, manchmal wird auf ein einführendes Werk verwiesen ... Ich muss zugeben, dass ich mit dieser Frage eigentlich nicht viel anfangen kann. Meist gewinnt man doch eher das Gefühl, dass es sich bei den etablierten de-facto Standards um eine Mischung aus Trivialitäten und Politik (kenne die richtigen Leute) handelt. (Mathematiker)

Hier würde ich auf die ausführlichen Regeln wichtiger wissenschaftlichen Zeitschriften verweisen, die z T einheitlich sind und jetzt auch ethische Regeln enthalten. (Biotechnologe)

Eindeutige experimentelle Datengrundlage für die gezogenen Schlussfolgerungen. Geeignete Kontrollversuche. Genaue Beschreibung der Methoden und Offenlegung aller relevanten Informationen, die zum Nachvollziehen und Reproduzieren der Ergebnisse notwendig sind. Hinterlegung oder zur Verfügung Stellung allen Materials (z.B. Zellmaterial von Mikroorganismen), mit dem die Experimente durchgeführt worden sind. Hinterlegung von umfangreichem Datenmaterial, das im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit erarbeitet wurde (z.B. DNA-Sequenzen), in internationalen, öffentlichen Datenbanken. Vollständige Angabe aller genutzten Quellen einer Arbeit (z.B. Literatur). Zitierung der für die Arbeit relevanten wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Korrekte Nennung aller an einer Arbeit beteiligten Wissenschaftler. Möglichst kurze und prägnante Darstellung der wissenschaftlichen Arbeit; zumeist in englischer Sprache. Unterteilung einer Arbeit in Einleitung, Material und Methoden, Ergebnisse, Diskussion und Referenzen. (Biologe)

Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten, denn es gibt meist keine absoluten rigiden Standards. Man sollte sich immer am Zweck, am Publikum und an anderen Arbeiten im gleichen Kontext orientieren und die bekannten Formen nur dann sprengen, wenn es sich aus der Arbeit heraus begründen lässt - dann sollte man es aber auch tatsächlich tun. (Verkehrsplanerin)

3) Die Nutzung besonderer Instrumente und Werkzeuge für spezielle Aufgaben der wissenschaftlichen Arbeit sowie besondere Anforderungen in Wissenschaft und Beruf sind bei Ingenieuren zu beobachten.

3a) Nutzung besondere Instrumente und Werkzeuge.

Ein Beispiel für ein besonderes Werkzeug kann spezielle Software zum Schreiben sein (Beispiel Latex), wobei die Nutzung auch im Bereich Mathematik und Naturwissenschaften sehr hoch ist.¹⁰

3b) Besondere Formen wissenschaftlicher Arbeit von Ingenieuren

Modellierung und Simulation und die dazugehörigen Werkzeuge, wie z.B. Matlab oder speziell für verfahrenstechnisches Process-Design die Software Aspen Plus, gehören zur wissenschaftlichen Arbeit von Ingenieuren.

Insgesamt findet man aber auch in Büchern zum wissenschaftlichen Arbeiten, die für Ingenieure geschrieben wurden kaum etwas, was auf das Besondere beim wissenschaftlichen Arbeiten hinweist.¹¹ Auch die Kriterien von speziell auf das Ingenieurwesen ausgerichteten Akkreditierungsagenturen wie ABET¹² zeigen kaum Hinweise auf wirklich spezifische Kompetenzen von Ingenieuren:

- "(a) an ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering
- (b) an ability to design and conduct experiments, as well as to analyze and interpret data
- (c) an ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability
- (d) an ability to function on multidisciplinary teams
- (e) an ability to identify, formulate, and solve engineering problems
- (f) an understanding of professional and ethical responsibility
- (g) an ability to communicate effectively
- (h) the broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, environmental, and societal context
- (i) a recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning
- (j) a knowledge of contemporary issues
- (k) an ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice."

3c) Allgemeine Besonderheiten

Kreativität und Erfindungsgeist sind in den Ingenieurwissenschaften wahrscheinlich deutlich wichtiger als in anderen Disziplinen. Wie kann man beides erreichen? Forschungsgebiete wie das Technologie- und Innovationsmanagement (Prof. Herstatt) bzw. die Kreativitäts- und Innovationsforschung untersuchen dies.

¹⁰ Wissenschaftlich mit LATEX arbeiten / Petra Schlager. - 2., aktualisierte Aufl. - München [u.a.] : Pearson Studium, 2007

¹¹ Vgl. z.B.: Research methods for construction / Richard Fellows. - 2. ed. - Oxford : Blackwell Science, 2003

¹² <http://www.abet.org/forms.shtml>

Relativ selten werden in der vorhandenen Ratgeberliteratur zum wissenschaftlichen Arbeiten Fragen von Kreativität und Ethik behandelt.¹³ Besondere Anforderungen werden an Ingenieure auch im Beruf gestellt (Projektarbeit, Skills).¹⁴

4) Reflexion über wissenschaftliches Arbeiten ist auch in den Ingenieurwissenschaften notwendig und kann durch elektronische Portfolios unterstützt werden.

Allgemein muss auch auf die Notwendigkeit einer generellen Reflexion über den Wissenschaftsprozess hingewiesen werden. Beim Thema "Wissenschaftliches Arbeiten" liegt der Schwerpunkt oft zu sehr im Bereich der Techniken und Methoden. Genauso wichtig erscheint es, bei diesem Thema auch die Frage nach dem Kern und der Entstehung wissenschaftlichen Wissens zu stellen.¹⁵ Dazu gehören z.B. erkenntnistheoretische Fragen zur Wahrheit: Was ist wahres Wissen? Wie entsteht es? Ist nicht jede Wahrheit sozial konstruiert, wie es der französische Wissenschaftssoziologe Latour schreibt? Je mehr Personen eine bestimmte Annahme akzeptieren, umso mehr kommt diese der Wahrheit nahe. Dabei steht das Bewusstsein über die Existenz von konkurrierenden Theorien zur Wahrheit und generell zur Wahrheit von Erkenntnissen in jedem existierendem Wissensgebiet im Vordergrund der Reflexion. Dazu gehören auch die Funktion des Peer-Review-Prozesses und damit die Bewertung von Informationen und Publikationen.

Ingenieure sind Teil einer fachlichen Diskussions- und Diskurs-Gemeinschaft mit eigenen kulturellen und sozialen Strukturen, die ein gemeinsames Vokabular und eine typische Informationspraxis teilt. Eine solche „sozio-kognitive“ Sicht¹⁶ auf wissenschaftliches Arbeiten betont die Bedeutung der historischen Entwicklung dieser Gemeinschaften und ihrer Kommunikationsprozesse sowie ihrer Strukturen, Dokumenttypen und Institutionen wissenschaftlicher Kommunikation und Information. Daher sollten gerade auch in den Natur- und Ingenieurwissenschaften Veranstaltungen zur Wissenschaftstheorie sowie zur Wissenschafts- und Technikgeschichte verpflichtender Teil eines jeden Studiums sein.

Positive Beispiele sind hier ein Einführungskurs „Wissenschaftliche Erfahrung, Experiment, Beobachtung“ an der Universität Bern oder Kurse mit dem Titel „Research Methodology and Theory of Science“ am Royal Institute of Technology in Stockholm.¹⁷ Hier können u.a. Arbeits- und Studientechniken bzw. Techniken oder Methoden wissenschaftlichen Arbeitens (Informations- und Literatursuche, Lesemethoden, Exzerpieren, wissenschaftliches Schreiben und Zitieren sowie Präsentation) reflektiert und praktisch geübt werden. Die kulturelle Bedeutung der Überlieferung von Wissen und Themen wie Publikation, Wissenschaftssystem, Zitieren und wissenschaftliche Reputation, Digitalisierung, Open Access und Urheberrecht könnten Teil solcher Veranstaltungen sein. Gerade in solchen Veranstaltungen könnten elektronische Portfolios sinnvoll genutzt werden und diese Reflexion fördern.

5) Das Thema Kompetenzen und Wissenschaftliches Arbeiten von Ingenieuren ist vielleicht auch ein aktuelles Forschungsthema.

Überlegungen zu Aspekten wissenschaftlichen Arbeitens von Ingenieuren können auch von Arbeiten zum Kompetenzprofil von Ingenieuren profitieren. So wurde im Rahmen eines Projektes mit dem Titel "Engineering

¹³ Eine Ausnahme bildet das Buch Die Kunst des wissenschaftlichen Präsentierens und Publizierens : ein Praxisleitfaden für junge Wissenschaftler / Claus Ascheron. München : Elsevier, Spektrum, Akad. Verl., 2007, in dem neben den handwerklichen Themen auch die Themen "Wissenschaftliche Kreativität" und die "Kultur und Ethik des wissenschaftlichen Publizierens" angesprochen werden.

¹⁴ Vgl.: Business skills for engineers and technologists / Harry Cather; Richard Morris; Joe Wilkinson. Oxford [u.a.] : Newnes, 2001. Skills development for engineers : an innovative model for advanced learning in the workplace / Kevin L. Hoag. - London : Inst. of Electrical Engineers, 2001.

¹⁵ Vgl. auch die vier Bände des folgenden Werkes: Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? / hrsg. von Theo Hug. Baltmannsweiler : Schneider-Verl. Hohengehren, 2001.

¹⁶ Birger Hjørland: Domain Analysis: A Socio-Cognitive Orientation for Information Science Research. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology 30(2004)3. Online unter <http://www.asis.org/Bulletin/Feb-04/hjorland.html>

¹⁷ vgl. Grasshoff, Gerd: www.philoscience.unibe.ch/lehre/winter99/experimente/index.html und <http://www.kth.se/student/studiehandbok/05/kurs.asp?code=1N1304&lang=1>

Learning and Practice Research" der University of Western Australia, Faculty of Engineering, Computing and Mathematics¹⁸ die Praxis von Ingenieuren beschrieben.¹⁹ Auch eine aktuelle Dissertation kann vielleicht Ansatzpunkte für weitere Ideen sein.²⁰ Im Kapitel 2 mit dem Titel "Aims and Objectives (Outcomes)" eines Buches zur Ingenieurpädagogik werden Ziele der Ausbildung und Kompetenzen von Ingenieuren beschrieben.²¹

Mit eine umfassenden Recherche und Auswertung der Proceedings der American Society for Engineering Education (ASEE)²² ließen sich sicher noch mehr relevante Dokumente finden. Auch eine wirklich umfassende Recherche in weiteren Aufsatz-Datenbanken bringt sicher noch mehr Ergebnisse!

Hier habe ich auch einen Kurs zur Einführung in die Ingenieurwissenschaften gefunden,²³ der die Schwerpunkte ingenieurwissenschaftlichen Arbeitens und Denkens gut zusammenfasst:

Module description	Content Summary
Entering Higher Education	ICTs, Time management, study skills
History	Historical milestones
Engineering and Society	Profiles, Ethics
Science, Technology and Society	Engineering work, research methods science and technology
Engineering and Communication	Communication processes, written technical reports, visual communication
Design	The designing process
Modeling	Models and real systems
Simulation	Seminar
Creativity	Seminar
Mechanical Workshop	Drawing and Manufacturing

Zusammenfassung

Das im Rahmen dieses Textes vorgestellte Mosaik zum Thema kann vielleicht zur weiteren Erkundung des Themas dienen. Ingenieurwissenschaftliches Arbeiten bzw. das wissenschaftlichen Arbeiten von Ingenieuren unterscheidet sich von anderen Fachrichtungen nicht eindeutig. Besonderheiten, wie Interdisziplinarität, ständig wechselnde Aufgaben und hoher Zeitdruck, sind immer mehr Teil des wissenschaftlichen Arbeitens anderer Fachgebiete. Auch die Bereiche Design, Modellierung, Simulation und Kreativität können nicht als eindeutig ingenieurspezifisch angesehen werden.

Zudem ist es relativ schwer, zu den besonderen Aspekten ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten bzw. des wissenschaftlichen Arbeiten von Ingenieuren Hinweise und Literatur zu finden. Dies liegt einerseits am Begrifflichen: Der deutsche Begriff "Wissenschaftliches Arbeiten", obwohl meist das Methodisch-Technische meinent, impliziert immer auch die Frage nach der Wissenschaft als solcher. Außerdem gibt es im Englischen keine wirklich adäquate und gebräuchliche Übersetzung, "scholarly work" etwa kaum genutzt wird. Im Englischen wird oft von "Research skills" und "Research methods" gesprochen, obwohl hiermit auch reine Recherchekompetenzen und -methoden gemeint sein können. Eine Recherche mit den einschlägigen Begriffen führt andererseits, da diese in der Regel sehr allgemeine Begriffe sind, zu sehr viel Ballast bei den Suchergebnissen.

¹⁸ <http://www.mech.uwa.edu.au/~jamest/pes.html>

¹⁹ Trevelyan, J. P. (2008). A Framework for Understanding Engineering Practice. American Association for Engineering Education (ASEE) Annual Conference, Pittsburgh. Online unter <http://www.mech.uwa.edu.au/~jamest/eng-work/publications/ASEE-Trevelyan-framework4-en.pdf>

²⁰ Neue Anforderungsprofile für Ingenieure : Kompetenzentwicklung durch Kooperation von Universität und Unternehmen / Völker, Norbert. - Aachen : Shaker, 2007

²¹ Engineering education : research and development in curriculum and instruction / John Heywood. - [Piscataway, NJ] : IEEE Press, 2006 (als E-Book im TUHH-Intranet vorhanden!)

²² <http://www.asee.org/conferences/v2search.cfm>

²³ Jose Fiuza Branco, Maria Odete Monteiro Lopes, João Vinhas, Joao Paiva: Introducing engineering to Bologna (2007). Online unter <http://www.asee.org/acPapers/code/getPaper.cfm?paperID=12497>