

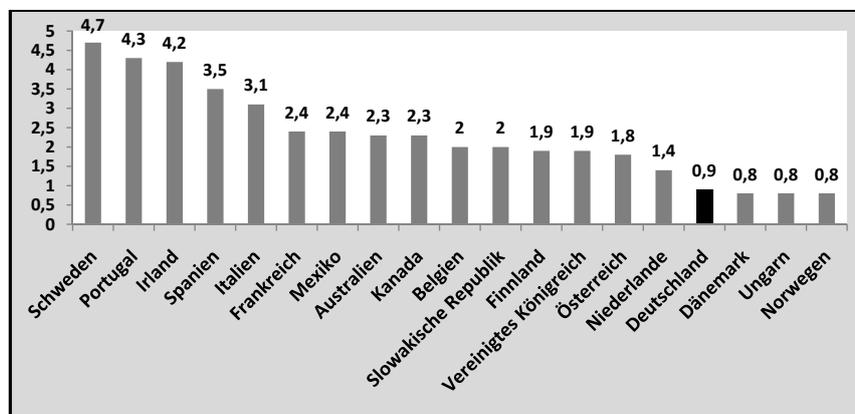
## Kapitel 5: Internationale MINT-Bildung aus soziologischer Sicht

Uwe Pfenning/Ortwin Renn

### Bedarfe und Bedürfnisse

Die MINT-Bildungslandschaft in Europa ist trotz ihres organisatorischen und inhaltlichen Variantenreichtums von ähnlichen strukturellen Problemlagen geprägt: eine geringe oder stagnierende Attraktivität technischer und naturwissenschaftlicher Bildungsangebote, nachlassendes Interesse der Jugendlichen an den MINT-Berufen bis hin zum Fachkräftemangel (vor allem in den klassischen Ingenieurwissenschaften) sowie ein hoher Anteil älterer Ingenieure, die zukünftig ersetzt werden müssen. Die Unterschiede in den demographischen und soziostrukturellen Rahmenbedingungen der einzelnen Länder (z.B. Studierendenquote) verändern zwar die Ausgangslage, die jeweiligen Entwicklungstrends sind jedoch fast identisch. So sind die für ihre effektive Früherziehung bekannten skandinavischen Länder wie Norwegen, Dänemark und eingeschränkt Finnland ebenso von Nachwuchsproblemen in den MINT-Fächern betroffen wie Großbritannien mit seiner hohen musealen Bildungskultur und intensiven Aktivitäten im Bereich „Public Understanding of Science and Humanities“ (PUSH).

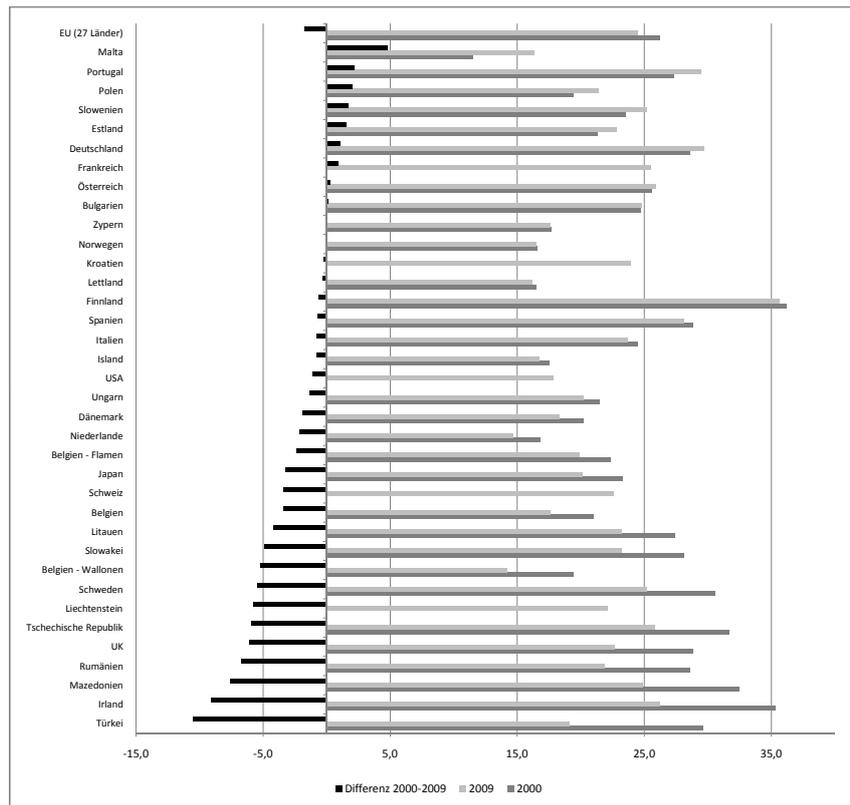
Abbildung 1: Ersatzbedarf bei Ingenieuren im internationalen Vergleich (absolut)



Quelle: OECD 2008: 46f.

Dargestellt ist das Verhältnis von jüngeren Ingenieur/-innen (25-35 Jahre zzgl. Promovierte bis 39 Jahre) und älteren Ingenieuren (55-64 Jahre alt), aus deren Ausscheiden bis 2020 der Ersatzbedarf ermittelt wird. Deutschland z.B. hat eine Deckungsquote des zukünftigen Ersatzbedarfes von 90 % (i.e. eine Unterdeckung).

Abbildung 2: Entwicklung der Studierendenzahlen in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik 2001-2009 in ausgewählten Ländern



Quelle: Eurostat Bildungsstatistik 2011, basierend auf IECS-D-Indikatoren, eigene Berechnungen

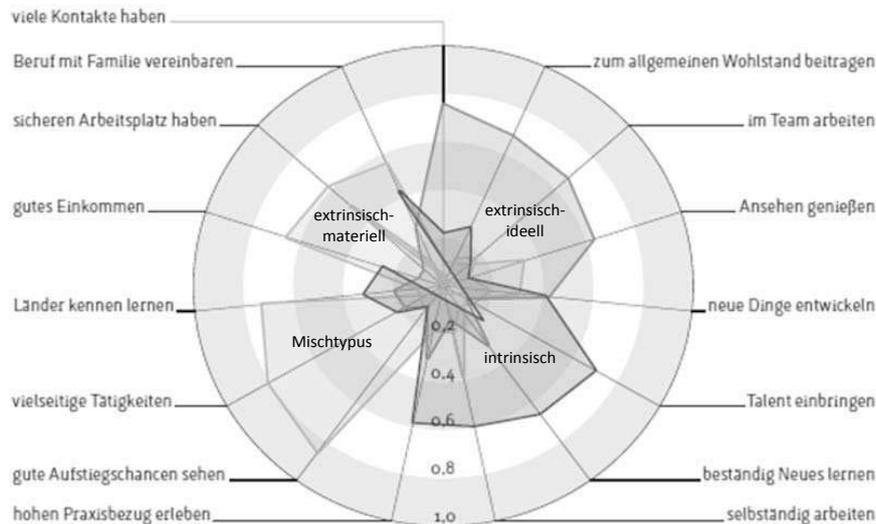
Die demographische Entwicklung mit rückläufigen Anteilen junger Menschen in vielen westlichen Industrienationen und das Minderinteresse an MINT-Berufen wird bei der Deckung des Ersatzbedarfes, d.h. altersbedingt aus dem Erwerbsleben ausscheidender Ingenieure, für einige Staaten zum Problem (vgl. FEANI 2010a: 7).

Wie viele amtliche Statistiken sind diese Schaubilder jedoch mit methodischen Vorbehalten zu interpretieren, worauf Eurostat selbst hinweist. So zeigen die ausdifferenzierteren nationalen Statistiken bspw. für Deutschland und die Schweiz auf, dass der Anteil der Studierenden in den Ingenieurwissenschaften bis 2009 rückläufig war, der Anteil in den Naturwissenschaften jedoch anstieg (Pfenning/Renn 2010, FEANI 2010a,b).<sup>1</sup> Innerhalb der MINT-Fächer ergeben sich gewissermaßen Nullsummenspiele bei einem relativ konstant erscheinenden Potenzial MINT-interessierter Absolventen. Deshalb ist es eine entscheidende Frage, inwieweit diese Potenziale MINT-interessierter Jugendlicher ausgeschöpft und angesichts höherer Bedarfe in den Unternehmen erweitert werden können. Das Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften ermittelte für Deutschland ca. 30 % technisch interessierter Schüler/-innen, denen ca. 11 % entsprechende Berufsabsichten gegenüberstanden, mithin eine Ausschöpfungsquote von einem knappen Drittel (acatech/VDI 2009, Pfenning/Renn 2010). Zugleich zeigen viele Studien auf, dass gerade bei technisch interessierten Schülerinnen und bei Schüler/-innen mit Migrationsbiographien die Anteile entsprechender Studienwahlen pro Ingenieurstudium unterdurchschnittlich sind (acatech/VDI 2009).

Diese Angaben korrespondieren weitgehend mit den Ergebnissen der ROSE-Studie von Sjøberg/Schreiner (2005) zu den individuellen Einschätzungen der Attraktivität und dem Image der MINT-Berufe und weniger mit den Arbeitsmarktdaten. Letztere sind ein häufig angeführtes Argument bezüglich der konjunkturabhängigen Studienwahlen bei Ingenieurberufen, oft in der wenig schmeichelhaften These des „Schweinezyklus“ zusammengefasst. Dahinter verbirgt sich die latente Annahme, dass die Ingenieurdisziplinen vorrangig von Studierenden mit vorwiegend extrinsischen Motiven (wie Sicherheit des Arbeitsplatzes, gute Karrierechancen, hohes Einkommen) gewählt werden. Viele Studien verweisen diese Annahme in das Reich der Legenden. Zumindest seit 2000 scheinen sich Arbeitsmarkt und Studienwahlen pro Ingenieurberuf entkoppelt zu haben (Zwick/Renn 2000, Pfenning/Renn/Mack 2002, acatech/VDI 2009).<sup>2</sup>

- 1 Neuere Vergleiche der Studierendenzahlen für 2009-2011 sind jeweils mit Vorbehalten zu sehen, weil zu vermuten ist, dass die Finanz- und Wirtschaftskrise Einfluss auf die Studienfachwahl nahmen und weil in Deutschland neben dem Wegfall der Wehrpflicht auch doppelte Abiturientenjahrgänge (G8/G9) anzutreffen sind.
- 2 Allein die im Nachwuchsbarometer erhobene, relativ geringe (ca. 40 %) bewusste individuelle Wahrnehmung und Berücksichtigung der Lage am Arbeitsmarkt indiziert die Fragwürdigkeit dieser These, die sich in den Sozialwissenschaften aber lange Zeit hielt und gegen empirische Widerlegungen als immun erwies.

Abbildung 3: Motivklassen für die Wahl von MINT-Studiengängen



Quelle: Eigene Berechnungen, Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften 2009, n=4.721 Studierende, Anteil erklärte Varianz=62 %, Kommunalitätswerte sämtlich über .50, KMO=.0001, Varimax-Rotation, Extraktion PCA

Damit wird die Frage nach dem Verhältnis intrinsischer und extrinsischer Motive für die Debatte zum Fachkräftemangel und zur Nachwuchsförderung virulent. Auch hier schaffen die Daten des Nachwuchsbarometers Klarheit. Ein bedeutsamer Anteil der Studierenden der Ingenieurwissenschaften gibt hohe intrinsische Motive für die Studienwahl an. Für die extrinsischen Motivlagen zeigt sich eine Trennlinie zwischen Personen mit eher materiellen Motiven und solchen mit mehr ideellen Motiven wie einen Beitrag zum gesellschaftlichen Wohlstand zu leisten oder dem Streben nach einem kommunikativen Arbeitsumfeld. Auch der Mischtypus aus beiden Motivlagen ist bedeutsam. Mithin gilt, dass die Förderung des MINT-Nachwuchses einen Motivmix berücksichtigen sollte. Hierfür bedarf es verschiedener Strategien je nach dominierender individueller Motivation.

*Forschungsprogramme und Förderprogramme: PUSH, PISA, POLLEN und IBSE*

In der Forschung überwiegen pädagogisch orientierte Studien zur Reformdebatte neuen Lernens in modernen Wissensgesellschaften (POLLEN/EU-Kommission 2007, SINUS-Studie: Prenzel/Stadler 2009), zum Ranking von Lernerfolgen in verschiedenen Fächern und den Rahmenbedingungen für erfolgreiches Lernen (i.e.

PISA, TIMSS, TALIS). Der zentrale Begriff lautet „inquiry-based learning“, etwas frei übersetzt als „forschendes Lernen“. Für die MINT-Debatte wurde dieser Begriff erweitert zur „inquiry-based science education“ (IBSE). Gemeint sind mit beiden Begriffen sämtliche Ansätze, die den Lernprozess aus der Sicht der Wissensbasis und Wissensbezüge der Zielgruppe betrachten. In diesen Konzepten wird die Ansicht vertreten, dass sich die Schüler/-innen mittels experimenteller, beobachtender und von Lehrkräften begleiteter eigener Lernfortschritte die Abstraktheit, Logik und Grammatik der jeweiligen Wissensbezüge erschließen.

„In contrast, the second has long been referred to as the ‚inductive approach‘. This approach gives more space to observation, experimentation and the teacher guided construction by the child of his/her own knowledge [...]. The terminology evolved through the years and the concepts refined and today the inductive approach is most often referred to as Inquiry-Based-Science Education (IBSE) [...]. In mathematics teaching, this education community often refers to Problem-Based Learning (PBL)“ (EU-Kommission/POLLEN 2007: 9).

Hierbei ist zu beachten, dass IBSE sowohl in formalen als auch in informalen Unterrichtsformaten einsetzbar ist, wenngleich eine affirmative Nähe zum informalen Stil in vielen Studien angenommen wird.

Diese Debatte beinhaltet auch lerntheoretische Bezüge, angereichert durch die Ergebnisse der modernen neurologischen Lernforschung (vgl. den Beitrag von Randolph Menzel in diesem Buch). Deren zentrales Forschungsergebnis könnte lauten: Die Fähigkeit zum abstrakten Denken (wie in der Mathematik, der Physik oder der Konstruktion) setzt im wesentlich früheren Kindesalter ein als bisher in der tradierten Lerntheorie nach Jean Piaget angenommen (vgl. Ziefle/Jakobs 2009). Die Folgen für Bildungssysteme sind weitreichend: Technikunterricht kann bereits im Kindesalter oder in der Grundschule ohne umfassende mathematische Vorkenntnisse stattfinden, vor allem durch phänomenologische Bezüge. Die Studien der OECD und EU postulieren positive Effekte und damit einhergehend eine Verbreitung des IBSE-Ansatzes in der MINT-Bildung (EU/Pollen 2007, OECD 2008 a/b, 2010, Evanschitzky 2009). Die empirischen Belege werden aber kaum benannt oder aufgeführt. Resultate aus den Fallstudien im Rahmen von LeMoTech sprechen jedoch sehr für diese Thesen.

Parallel zur Pädagogik- und Didaktikdebatte fanden Programme zur besseren Vermittlung von Wissenschaft in der Öffentlichkeit und Bevölkerung ihren Platz in der MINT-Förderung. Bekannt ist vor allem das Programm „Public Understanding of Science and Humanities“ (PUSH).<sup>3</sup> Dieses Programm startete in 1960er Jahren und nahm vor allem zu Beginn der 1980er Jahre einen vehementen Auf-

3 Zunächst wurde nur vom Public Understanding of Science (PUS) gesprochen, bezogen allein auf die Natur- und Technikwissenschaften, erst später wurden die Humanwissenschaften hinzugenommen.

schwung, u.a. durch viele neue Science Center und Schülerlabore. Den Science Centern, eines neuen Typ von Mitmach-Museum („hands-on“) mit vielerlei MINT-Objekten und Artefakten, kommt eine besondere Rolle beim PUSH-Programm zu. Sie finden sich in großer Anzahl in fast allen europäischen und westlichen Staaten. Sie verwissenschaftlichen das IBSE-Lernprinzip, fordern damit das tradierte Schulsystem zu pädagogischen Innovationen heraus und sind mitunter in die Lehrerfortbildung und Konzeptualisierung von nationalen Bildungsplänen integriert (z.B. Heureka in Finnland, [www.heureka.fi](http://www.heureka.fi)). Sie sind also teilweise selbst Forschungsinstitut wie auch Forum der Wissenschaftskommunikation und Wissenschaftsmesse gleichermaßen. Mit dem IdeenPark verfügt Deutschland europaweit über das einzige „mobile Science Center“, das seit 2006 im annähernd zweijährigen Jahresrhythmus durchgeführt wird und bis zu 300.000 Besucher verzeichnen konnte (Hiller/Pfenning/Renn 2008), mit durchaus signifikanten kurzfristigen Effekten auf Interesse und Neugierde. Die Science Center haben sich für einen internationalen Informations- und Erfahrungsaustausch zusammengeschlossen ([www.ecsite.com](http://www.ecsite.com)).

Dennoch ist angesichts des gegenwärtigen MINT-Fachkräftemangels und lange Zeit rückläufiger oder stagnierender MINT-Studienzahlen bei Immatrikulationen und Abschlüssen der Erfolg von PUSH-Programmen fraglich. Zwar können öffentliche Wissenschaftskommunikation und die Berufswahl nicht direkt miteinander in Beziehung gesetzt werden. Aber einen indirekten Einfluss hatte man sich damit schon erhofft. Dieser ist aber bis heute nicht nachzuweisen. Allerdings gibt es positive Indizien: Die Science Center haben hohe Besucherzahlen, ebenso die naturkundlichen und technischen Museen. Wissenschaft und Technik interessiert durchaus Massen.<sup>4</sup> Zudem hat sich die Bandbreite der Angebote der Wissenschaftskommunikation durch PUSH deutlich erweitert, z.B. durch Science Cafés, Discovery Channels als neues TV-Format (vor allem bei der BBC sehr erfolgreich) u.v.a. Analysen zum Image von MINT-Berufen belegen zudem deren positives Image im Bereich sozialer Bezüge (Fortschritt, Wohlstand, Innovation) und positiver individueller Attribute (kreativ, modern). Als kritisch empfunden werden eher die Herausforderungen und Risiken, im Studium oder Beruf zu scheitern und überfordert zu werden (acatech/VDI 2009, Pfenning/Renn 2010). Auch die Demoskopie liefert keinerlei Hinweise auf ein Scheitern von PUSH. Die Akzeptanz von Technik ist deutlich höher als deren Ablehnung, bei allerdings hohen Anteilen ambivalenter Urteile.

Ungeachtet der ausstehenden Evaluationsstudien zu den Effekten von PUSH-Angeboten lässt sich aussagen, dass es keine Hinweise auf negative Effekte gibt. Aus unserer Sicht sind die PUSH-Angebote in ihrem Metier der öffentlichen Wis-

4 Für Heureka werden jährliche Besucherzahlen zwischen 270.000 und 420.000 Personen genannt, den IdeenPark 2008 besuchten ca. 300.000 Besucher.

senschaftskommunikation nicht wirkungslos, differenzieren aber zu wenig zwischen Interessen- und Talentförderung, sodass mitunter versucht wird, Zielgruppen mit nicht zutreffenden Formaten zu erreichen.

*Tabelle 1: Bilanzurteile zu Folgen der Technik in der deutschen Bevölkerung (in Prozent)*

Jahr	negative Technikeinstellung	ambivalente Technikeinstellung	positive Technikeinstellung
1980	16	7	63
1982	27	14	47
1985	28	14	48
1992	21	11	47
1997*	9	29	62
2002*	5	28	67

Quelle: TAB 2002, 1997: 21, \* veränderte Skalenabfrage mit fünf Antwortvorgaben, zuvor Angaben auf einer Skala mit sieben Antwortvorgaben

#### *Talentförderung und Interesse wecken*

Bei der Darstellung der Ergebnisse ist zwischen dem Ziel der Talentförderung (mit dem sekundären Ziel, mehr Jugendliche für MINT-Ausbildungswege und MINT-Berufe zu gewinnen) und der Entwicklung einer Wissenschafts- und Technikmündigkeit (mit den sekundären Zielen, Interesse zu wecken, Grundkompetenz zu fördern und Urteilsfähigkeit zu verbessern) zu differenzieren.

Im Hinblick auf die *Wissenschafts- und Technikmündigkeit* (OECD 2008 b, 2009 a/b) schneiden im internationalen Vergleich vor allem jene Staaten gut ab, die ihre MINT-Bildung in den 1990er Jahren auf der Basis neuer Erkenntnisse der Lernforschung reformiert haben (Skandinavien, Osteuropa). Die Reformen betrafen die Einführung von mehr selbstbestimmten Unterrichtsanteilen, eine Verstärkung der Praxis- und Projektorientierung, eine stärkere Hinwendung zu neuen Lernformen wie dem IBSE-Konzept sowie die Ausbildung interdisziplinär kompetenter Erzieherinnen und Erzieher (oftmals als akademischer Beruf) und Lehrkräfte. Andere Staaten, die ähnlich wie Deutschland eine inkrementelle Optimierungsstrategie verfolgen, haben bei den internationalen Vergleichen zu Wissenschafts- und Technikmündigkeit weniger erfolgreich abgeschnitten. Frankreich, Spanien oder Italien haben hinsichtlich der MINT-Bildung seit geraumer Zeit ähnliche Probleme wie Deutschland (vgl. Heidenreich 1992, 2001, Grelon/Stück 1996, Frietsch/Gehrke 2005). In Großbritannien wurde durch die PUSH-Programme sehr viel in die allgemeine MINT-Ausbildung investiert, dennoch zeigen die verglei-

chenden Ergebnisse von PISA oder den MINT-Studien der OECD eine insgesamt geringe Wirkung, zumindest was die Verbesserung der Wissenskompetenz anbelangt.

Im Hinblick auf die Talentförderung sind die Ergebnisse weniger eindeutig. Die üblichen OECD-Indikatoren wie Bildungsausgaben (absolut oder pro Kopf), Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP), Verweildauer im Schulsystem (ISCED-Indikatorensystem) usw. erweisen sich nicht als die entscheidenden Größen, wenn es um die Frage der Wirksamkeit der Talentförderung in Bezug auf die Attraktivität von MINT-Ausbildungswegen oder Berufen geht. Deutschland befindet sich im internationalen Ländervergleich bei den auf das Bruttosozialprodukt bezogenen relativen Bildungsausgaben im mittleren Bereich. In absoluten Zahlen oder auch bei den Bildungsausgaben pro Kopf steht Deutschland dagegen im europäischen Spitzenfeld. Dennoch ist die Zahl der Absolventen von MINT-Fächern in Deutschland bis 2009 rückläufig gewesen und steigt erst jetzt langsam wieder an. Ein Zusammenhang zwischen Bildungsausgaben pro Kopf und Anzahl der Jugendlichen, die sich für ein MINT-Studium entscheiden, besteht auch nicht in den anderen europäischen Ländern. Für den Erfolg der Talentförderung sind demographische Faktoren, Betreuung und vor allem der Grad der erreichten technisch-wissenschaftlichen Modernisierung von maßgeblicher Bedeutung.

In einigen Staaten (z.B. Frankreich) lässt sich der Rückgang der Studienanfänger nahezu vollständig auf die Geburtenrückgänge zurückführen. In anderen Staaten sind die Zyklen der wirtschaftlichen Entwicklung, die besonders bei MINT-Fächern weltweit zu hohen Fluktuationen in der Nachfrage führen, und die mangelnde Bereitschaft junger Menschen, die von ihnen als schwierig angesehenen Fächer zu studieren (z.B. USA, UK), wichtige Einflussfaktoren. Ebenso sind die unterschiedlichen Studierendenquoten eines Jahrgangs zu berücksichtigen. In Skandinavien sind diese sehr hoch (über 70 %), in Frankreich und Großbritannien im OECD-Durchschnitt, in Deutschland ebenso wie in vielen südeuropäischen Staaten weiterhin unterdurchschnittlich.

Besonders wichtig ist jedoch der in einem Land erreichte Grad der Modernisierung und des Wohlstandes. Je mehr Modernisierungsbedarf eine Gesellschaft hat, desto höher ist das Prestige wissenschaftlich-technischer Berufe, und desto größer ist auch die Attraktivität, diese Berufe für die eigene Karriere zu wählen. Insofern finden wir proportional mehr Absolventen von MINT-Studiengängen in den europäischen Ländern, in denen ein hoher Bedarf an Modernisierung besteht (etwa in südeuropäischen Staaten wie Portugal, Spanien oder den meisten osteuropäischen Ländern). Dies gilt in noch stärkerem Maße für Schwellenländer wie China oder für die meisten arabischen Länder, in denen MINT-Berufe soziale Aufstiegsmöglichkeiten versprechen.

Dagegen weisen Untersuchungen über individuelle Lebens- und Karriereverläufe sehr wohl darauf hin, dass viele Jugendliche MINT-Studiengänge gewählt haben, weil sie in Elternhaus, Schule oder in außerschulischen Programmen intensiv gefördert wurden (acatech 2009). Erfolgreich war diese Talentförderung immer dann, wenn sie frühzeitig begonnen, kontinuierlich fortgesetzt und auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmt erfolgte.

In der Europäischen Union wird die Rolle der MINT-Berufe seitens der Politik überwiegend als wirtschaftsbezogene Tätigkeit definiert. So weist die Lissabonner Erklärung der EU-Kommission diesen Berufen die Aufgabe zu, für Europa im internationalen Wettbewerb einen Spitzenplatz in der Forschung und beim wirtschaftlichen Fortschritt zu sichern. Dieser Ansatz mündet letztlich immer in Strategien zur Talentförderung und Rekrutierung neuer Fachkräfte für die Volkswirtschaften. Die Vermittlung der sozialen Bezüge von MINT-Berufen hinsichtlich gesellschaftlicher Modernisierung und alltäglicher Nutzung finden sich zu wenig in den Förder- und Vermittlungsprogrammen wieder. So gelang es in vielen industrialisierten Ländern nicht, die Genderasymmetrie (i.e. den teilweise sehr unterdurchschnittlichen Anteil von Frauen) in technischen Berufen zu beheben, wohl aber in einigen Naturwissenschaften und der Mathematik.

#### *Die deutsche MINT-Bildung im internationalen Vergleich*

Welche positiven wie negative Auffälligkeiten finden sich in der deutschen MINT-Bildung im Vergleich zu anderen Staaten?

#### *Genderasymmetrie*

In negativer Hinsicht ist in Deutschland vor allem der Frauenanteil sehr gering ausgeprägt. Dies gilt sowohl im Vergleich zum Frauenanteil in der Bevölkerung als auch im Hinblick auf das Potenzial MINT-interessierter Schülerinnen, Studentinnen und von Ingenieurinnen. Dieses wird kaum ausgeschöpft, die Abbruchquoten sind deutlich höher als bei männlichen Kommilitonen. Nach einer Studie des VDMA sind ca. 40.000 bis 60.000 Ingenieurinnen nicht in ihrem erlernten Beruf tätig (Ihsen/Jeanrenaud/Hantschel 2009). Dennoch haben auch andere Staaten nur geringe Frauenanteile in MINT-Berufen. Dies trifft vor allem für die Hochtechnologiestandorte wie Frankreich, Großbritannien und Deutschland zu – Länder, in denen die Technikberufe auch mit Leitungsfunktionen, Wirtschaftsmacht und hohem gesellschaftlichem Status verbunden sind. In Ländern, in denen die Emanzipation weiter vorangeschritten ist, sind die Frauenanteile in MINT-Berufen

auch höher, Ausschluss struktureller Diskriminierungen wie niedrigere Löhne bei gleicher Arbeit, höhere Risiken der Arbeitslosigkeit oder bessere Bedingungen für eine Vereinbarkeit von Beruf und Familie bis hin zu Quotenregelungen für Managementpositionen (Norwegen) erscheinen hierfür als gute Gründe. Persönliche Diskriminierungen werden dort sanktioniert, in Deutschland geben zwei von drei Ingenieurinnen entsprechende negative Erfahrungen an (Pfenning/Renn 2010: 216, 229f., acatech/VDI 2009).

#### *Demographische Faktoren: Geburtenrate und „Überalterung“*

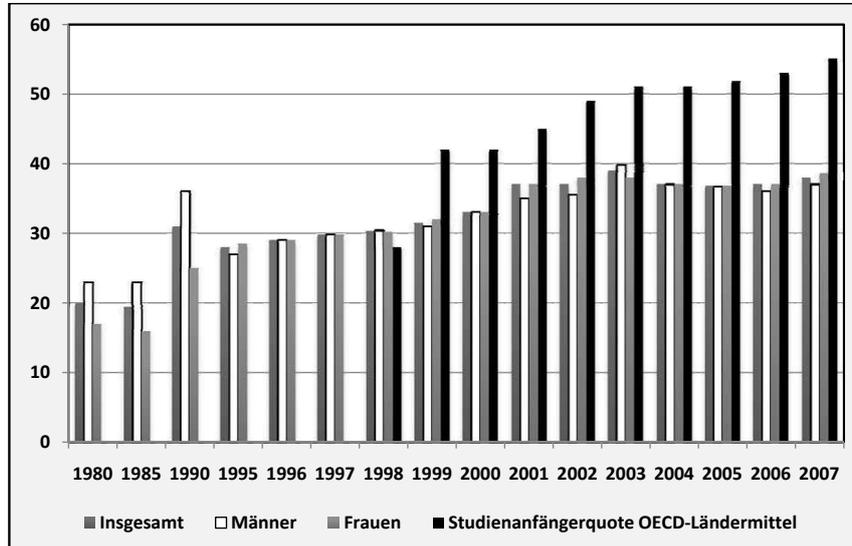
In Deutschland finden sich überdurchschnittliche Anteile älterer Ingenieure in den Unternehmen. Trotz des vielfach zitierten und kritisierten „Jugendwahns“ im Personalmanagement angesichts hoher Arbeitslosenzahlen vorwiegend älterer Ingenieure (Henninger 2002, Greif/Döge 2007) bis ca. 2009 ist diese Tatsache der maßgebliche Grund, dass die deutsche Wirtschaft zukünftig bereits Probleme bei der Deckung des Ersatzbedarfes von Ingenieuren haben wird. Kommt ein konjunkturell bedingter Zusatzbedarf hinzu, gerät die Wirtschaft bei der Auftragsannahme ins Stocken. Bereits gegenwärtig existieren Schätzungen, wonach dadurch deutschen Unternehmen mehrere Milliarden Euro an Auftragssummen entgehen (VDI 2005, 2007).<sup>5</sup>

Darüber hinaus verschärft die Wirtschaft den Fachkräftemangel nochmals dadurch, dass zunehmend technisch-gewerbliche Berufe akademisiert werden (Egeln/Heine 2005, Heine et al. 2007). So sind die Zuwachsraten der Ingenieur-tätigkeiten vor allem von relativ neuen Aufgabengebieten wie Vertrieb und Service getragen (vgl. Ecklerle/Weidig/Limbers 2002).

Zusätzlich zu diesen betrieblichen Entwicklungen und Altersüberhängen in der Erwerbsstruktur kommt für Deutschland ein deutlicher demographischer Effekt hinzu, wonach in naher Zukunft die Geburtenkohorten abnehmen und somit zeitversetzt immer weniger junge Menschen dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen werden. Dem könnte durch eine deutliche Erhöhung der Studierendenquote begegnet werden. Allerdings liegt diese Quote in Deutschland bisher auch unter dem OECD Durchschnitt vergleichbarer Länder und müsste somit durch überdurchschnittliche Fördermaßnahmen erhöht werden.

<sup>5</sup> Die Schätzungen divergieren sehr, von zwei bis zu 18 Milliarden Euro. Hier ist sicherlich auch ein Eigeninteresse an einer Überschätzung als Folgen des Mangels vorhanden.

Abbildung 4: Anteil der Studierenden an einem Geburtsjahrgang (in Prozent)



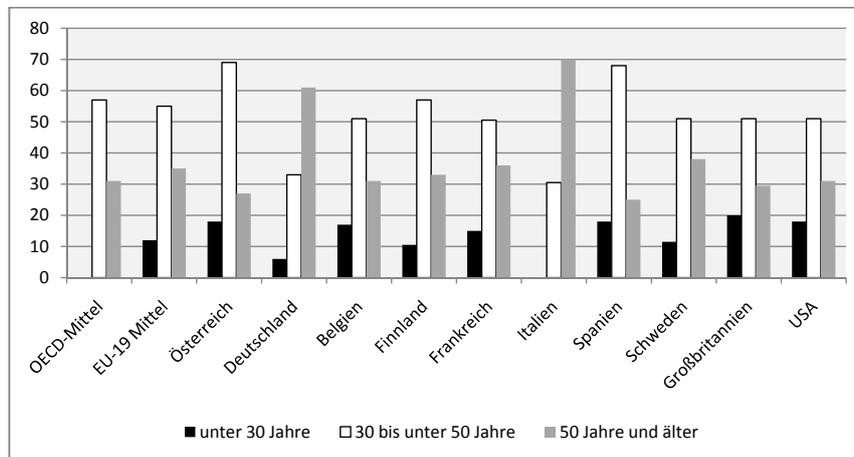
Internationale Vergleichszahlen: Österreich 38 %, Japan 41 %, Großbritannien 50 %, Italien 56 %, Niederlande 59 %, USA 64 %, Finnland 73 %, Schweden 76 %.

Quellen: OECD 2007, Statistische Ämter des Bundes und der Länder, ergänzt und aktualisiert durch eigene Berechnungen

Ein etwas unbeachteter demographischer Trend könnte sich für Deutschlands MINT-Bildung als besonders kritisch erweisen. Dies betrifft die Altersstruktur der Lehrkräfte. Denn auch hier liegt Deutschland über dem OECD-Durchschnitt, hat also besonders viele ältere Lehrer/-innen. Dies hat soziologisch zwei Tücken: Einerseits können durch die großen Altersunterschiede zwischen Lehrkraft und Schüler neuere Technikbezüge der jungen Menschen zu wenig berücksichtigt werden, z.B. werden Verbrennungsmotoren als Unterrichtsmodell verwendet, wo außerhalb der Schule das Hybridzeitalter beginnt.

Diese Differenz gilt insbesondere für alle Technologien, die rasche Innovations- und Produktzyklen aufweisen, so die PC-Technologien, das Internet und die Kommunikationstechnologien. Somit ergibt sich für Deutschland ein negativer generativer Effekt aufgrund der unterschiedlichen Techniksozialisation von Lehrkräften und Schülerschaft.

Abbildung 5: Altersstruktur des Lehrpersonals an Schulen im europäischen Vergleich (in Prozent)



Quelle: OECD 2007, Eurostat 2008

Andererseits bedingt dies auch Implikationen für anstehende Reformen und die Einstellung neuer Lehrkräfte. Denn die Lehrkräfte werden gewissermaßen als Kohorte ersetzt und damit entscheidet die Ausbildung und Offenheit für MINT-Themen der bald nachfolgenden Lehrergenerationen über deren Aktualität und Attraktivität für die nächsten 20 bis 30 Jahre. Hierbei spielt auch der Sonderstatus der Verbeamtung der meisten Lehrkräfte eine große Rolle, die es so in anderen Staaten nicht gibt und deshalb dort eine höhere Altersfluktuation ermöglicht.

#### *Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Bildungspraxis*

Neben den fachlichen Wissensfortschritten in den MINT-Wissenschaften durch deren eigene Erkenntnisgewinne sind auch rasante Fortschritte und Innovationen in der Lernforschung zu deren Vermittlung zu verzeichnen. Die Wissenschaften zum Wissenserwerb, vormalig eher eine sozialwissenschaftliche Domäne mit starken Bezügen zur Entwicklungspsychologie, zu Lerntheorien und empirischer Bildungsforschung, haben vor allem durch die neurologische Lernforschung Auftrieb erhalten und entwickeln rasch neue Modelle und Konzepte. Es ist deshalb eine wichtige Stellschraube im Bildungssystem, wie diese wissenschaftlichen Erkenntnisse zu modernen Lehr- und Lernweisen in die Bildungspraxis umgesetzt werden. In anderen Ländern leisten dies wissenschaftliche Akademien (z.B. in Schweden,

der Schweiz oder Großbritannien) oder in die Bildungspolitik eingebundene Science Center (z.B. in Finnland). In Deutschland leisten dies ansatzweise Ländereinrichtungen ohne umfassenden wissenschaftlichen Bezug. Nun sind wissenschaftliche Erkenntnisse nicht von deutschen Bundesländern abhängig und sollten trotz föderaler Kultushoheit via Konventionen einheitlich in Deutschland gelten. Diese fehlende wissenschaftliche Vermittlungsinstanz sehen wir als ein wesentliches institutionelles Defizit in der deutschen Bildungspolitik an. Dieses verschärft sich nochmals aus wissenschaftlicher Sicht wegen einer ausstehenden einheitlichen Konvention zum Technikverständnis. So finden sich in den deutschen Bildungs- und Lehrplänen sehr verschiedene Formulierungen und Zielsetzungen der Technikbildung (Hartmann et al./VDI Report Nr. 38/2006, LPE 2009). So wird diese teilweise traditionell der Arbeitslehre, dem Werken bzw. der Polytechnik zugeordnet, teilweise im Kontext von Naturwissenschaften und Technik (NwT, Baden-Württemberg) aufgegriffen und in anderen Ländern wiederum als selbstständiges Fach mit eigener Fachdidaktik behandelt.

Dieses institutionelle Defizit findet sich auch bei der Vermittlung des Fachwissens, das ebenfalls immer rascher werdenden Wissenszyklen unterliegt. Die Aktualisierung des Fachwissens des Lehrpersonals kann als Aufgabe der Fort- und Weiterbildung angesehen werden. Ihr Output liegt auch in einer erhöhten Attraktivität des Faches für die Schüler, die dadurch auf dem aktuellen Wissens- und Forschungsstand sind<sup>6</sup> und zugleich lernen, dass sich Wissen verändert und deshalb das oft zitierte „lebenslange Lernen“ wichtig ist.

### *Außerschulische Lernorte*

Eine deutsche Besonderheit ist das ausgeprägte MINT-Bildungsangebot durch außerschulische Träger wie Stiftungen, Unternehmen und Universitäten. Eine Studie von acatech und der Universität Stuttgart ermittelte bundesweit über 1.000 solcher Förder- und Modellprojekte ([www.motivation-technik-entdecken.de](http://www.motivation-technik-entdecken.de), [www.tecnopedia.de](http://www.tecnopedia.de)). Deren Evaluation ist nur in Ansätzen geleistet. Dieser bedarf es jedoch um Effekte punktueller, kontinuierlicher und themenspezifischer Angebote wissenschaftlich valide einschätzen zu können (Pfenning/Hiller/Renn 2011: 123-158). Die Vielzahl der Projekte erlaubt hierbei zukünftig auch meta-analytische Auswertungen als Königsweg der Evaluationsforschung.

Es ist eine Studie für sich, warum diese Modellprojekte so zahlreich in Deutschland zu finden sind. Das unbestrittene Engagement vieler Unternehmen mit dem legitimen Fokus auf der Nachwuchsförderung für talentierte Naturwissenschaftler

<sup>6</sup> In Norwegen und Schweden geschieht dies beispielsweise durch Wanderausstellungen für die Schulen zu den Themen der jeweils aktuellen Nobelpreisvergaben.

und Ingenieure in spe ist eine wichtige institutionelle Grundlage hierfür gewesen.<sup>7</sup> Die Bereitschaft zum Engagement und zur Investition kann ethisch aus dem traditionellen karitativ-sozialen Unternehmergeist abgeleitet werden. Soziologisch wiederum kann sie als latente Kritik an den Defiziten der MINT-Bildung im Schulsystem interpretiert werden, zumal sie das tradierte Schulsystem didaktisch wie infrastrukturell mit modernsten semiprofessionellen Lernorten und guter Betreuung konfrontiert. Sie zeigen die Alternativen einer attraktiven MINT-Bildung als pädagogische Herausforderung der öffentlichen Bildung auf. Sie führen aber auch zu einer Dezentralisierung und flächendeckenden Versorgung mit Angeboten zur MINT-Bildung und leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Schließen der Bildungskette durch die Einbindung des Hobby- und Freizeitsektors als Ort der MINT-Bildung. Ein wichtiger Aspekt der sekundären Techniksozialisation, bei der die Jugendlichen mehr und mehr selbst darüber bestimmen was, wie und wo sie lernen möchten und Schule an Attraktivität verliert (Pubertätseffekt, vgl. auch den Beitrag von Klaus Schiffler in diesem Band).<sup>8</sup>

Um diese vielfältige außerschulische Bildungslandschaft mit der öffentlichen Bildung zu verbinden, sind Vernetzungen von Schulen und diesen Lernorten sowie deren Trägern wichtig. Dadurch können Synergieeffekte erzeugt werden. Dafür ist es notwendig, dass die punktuellen außerschulischen Angebote, die ein Anfangsinteresse und Neugierde wecken, in Vor- und Nachbereitungen im Schulunterricht eingebunden werden. Dies bedingt Abstimmungen der Lehrinhalte. Die kontinuierlichen außerschulischen MINT-Angebote (wie Science-Camps, MINT-Freizeiten, Forschungsprojekte<sup>9</sup>) leisten eher einen eigenen Beitrag zur individuellen MINT-Förderung durch Themen im außerschulischen Bereich. Hier sind Kooperationen das Maß der Zusammenarbeit von Schule und außerschulischem Lernort, oft auf die intensive Talentförderung orientiert. Dies ist auch wichtig, weil einige der kontinuierlichen außerschulischen MINT-Lernangebote einen Technikunterricht gewissermaßen simulieren (z.B. SIA oder JIA). Diese Programme werden in dem Maße an Bedeutung verlieren, wie der Technikunterricht in der Sekundarstufe I und II an öffentlichen Schulen ausgeweitet wird, und sich auf die Talentförderung zurückzieht.

Probleme außerschulischer Lernorte sind jedoch die nicht vorhandene Zertifizierung. Es gibt keine Standards zu deren Bewertung. Ausrichtung und Umsetzung

7 Die Studie MoMoTech (acatech 2011) ermittelte eine Investitionssumme für die Jahre 2000 bis 2008 von zumindest 130 Millionen Euro bei einer großen Dunkelziffer vieler weiterer Investitionen in Förderprogramme, Stiftungen und Science Center oder Schülerlabore.

8 Gelungene Beispiele hierzu sind das Ökologische Jugendzentrum Rennstall Rabutz in Ostdeutschland und die Denzlinger Cleverle in Westdeutschland.

9 Beispiele für sehr konkrete Forschungsbezüge sind das erfolgreiche TheoPrax-Projekt oder das NaT-Working-Förderprogramm der Robert Bosch Stiftung (siehe auch den Beitrag von Atje Drexler und Louise Baker-Schuster in diesem Buch).

verbleiben weitgehend in der Entscheidung der einzelnen Träger. Es gilt „Gut gemeint ist nicht immer gut gemacht“, und bei aller Wertschätzung des oftmals ehrenamtlichen Engagements sollten Spreu und Weizen durch Evaluationen getrennt werden. Denn für die Zielgruppen birgt die Vielfalt der außerschulischen MINT-Angebote die Risiken eines Bumerang-Effektes (Enttäuschung nach zuvor geweckten hohen Erwartungen) und eines Dissonanzeffektes (Enttäuschung angesichts der sehr guten Erfahrungen in attraktiven außerschulischen Lernorten und des spröden, abstrakten und wenig praxisbezogenen Schulunterrichts). Auch leisten die außerschulischen Träger in der Regel keine Dauerförderung, sodass gute Programme und Projekte nur aus finanziellen Gründen ihr frühzeitiges Ende finden. Ebenso gilt es zu vermeiden, dass sich Projekte unabhängig von ihrer Qualität und Effekten bei den Zielgruppen nur aufgrund der guten finanziellen Absicherung durch einen „Sponsor“ durchsetzen. Diese Probleme lassen sich nur gemeinsam mit allen beteiligten Trägern, Vertretern der Schulbildung und Wissenschaftlern lösen durch Konventionen zu Standards, Zertifizierungen und formativen Evaluationen der vermeintlichen Effekte, weil diese Form der begleitenden Evaluation die Chance zur Nachbesserung und Optimierung des Projektes bietet. Dies erscheint ebenso wissenschaftlich wie fair gegenüber dem Engagement der Träger außerschulischer Lernorte.

#### *Fachliche Wissensförderung und soziale Kontexte*

Als ein wesentliches Manko der deutschen MINT-Bildung erscheint die starke Fokussierung auf die fachliche Wissensvermittlung, definiert als das Wissen über naturwissenschaftlich-technisch-mathematische Zusammenhänge wie auch das Erlernen manueller Fähigkeiten zum Umgang mit Experimenten, Geräten und Apparaturen. Das Wissen über Wissenschaft und deren Aufgaben und Folgen für eine moderne Gesellschaft trägt jedoch auch zur Motivation pro MINT und entsprechende Berufswahlen bei (vgl. Weitze 2010: 8). Dieses Wissen wird umso wichtiger, je mehr eine Disziplin wie die Natur- und Technikwissenschaften in die Gesellschaft und den Alltag ihrer Mitglieder eindringt. Die BBAW leistet hier durch das Schullabor Sozialwissenschaften einen wichtigen alternativen Beitrag zu einer ganzheitlichen Sichtweise auf die Technikbildung. Es entspricht einmal mehr der deutschen Bildungstradition, die Technik nun auch in der Technikbildung zu sehr auf ihre wirtschaftliche Funktion zu reduzieren (und damit eigentlich Technologien zu meinen) und ihren „sozialen Sinn“ (Karl-Heinz Minks 2004) außer Betracht zu lassen. Derweil wimmelt es in der Belletristik und anderen Literaturbereichen geradezu von Romanen mit und über Technik, und im eigenen Genre der Science

Fiction hat die Technik eine eigene Literaturform begründet.<sup>10</sup> Mit der Beschränkung auf die fachliche Seite der MINT-Bildung wird auch ein Problem des Verständnisses der MINT-Disziplinen, vornehmlich der Naturwissenschaften und Technik, deutlich. Die Naturwissenschaften werden auf Forschung und Erkenntnisgewinne reduziert, die Technikwissenschaften auf großtechnische Aufgaben- und Problemstellungen zu Infrastruktur (Umwelt, Energie, Verkehr) begrenzt. Angewandte Naturwissenschaften und Alltagstechniken entziehen sich somit weitgehend dem individuell durch die Gesellschaft vermittelten Verständnis von beiden Disziplinen – eine Forschungsfrage, der sich eine neue Interdisziplinäre Arbeitsgruppe der BBAW widmen wird.

### *Literatur*

- acatech/VDI (2009): Ergebnisbericht Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. München/Düsseldorf.
- Eckerle, K./Weidig, I./Limbers, J. (2002): Mittel- bis langfristiger Bedarf an Ingenieuren im deutschen Maschinen- und Anlagenbau. Stiftung Impuls, Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik.Prognos AG Basel/VDMA. Basel/Stuttgart.
- Egeln, J./Heine, C. (2005 Hrsg.): Indikatoren zur Ausbildung im Hochschulbereich. Studien zum Innovationssystem Deutschlands, Nr. 4/2005. Hochschul-Informationssystem (HIS), Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung mbH (ZEW). Mannheim/Hannover.
- European Commission (EC) Community Research (2007): Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe (Kurzbericht zum Projekt POLLEN). Brüssel.
- Eurostat (2008): Statistik kurz gefasst – Ältere Humanressourcen in Wissenschaft und Technik. Ausgabe 26/2008. Brüssel.
- Evanschitzky, P. (2009): Forschendes Lernen – selbstbestimmt und interessengeleitet. Vortrag im Rahmen der internationalen Fachtagung Sprache 2009. Heidenheim. [www.heidenheim.de/fileadmin/gb50/fachtagung2009/Evanschitzky\\_Kernfolien\\_HDH.pdf](http://www.heidenheim.de/fileadmin/gb50/fachtagung2009/Evanschitzky_Kernfolien_HDH.pdf), Zugriff am 10.02.2010.
- Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs (FEANI) (2010a): The European Engineers Publication. More Engineers for Europe. FEANI News Issue 6/Februar 2010. Brüssel.
- Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs (FEANI) (2010b): The European Engineers Publication. Issue 7. New Approaches to Learning, September 2010. Brüssel. S. 18-20.
- Frietsch, R./Gehrke, B. (2005): Bildungs- und Qualifikationsstrukturen in Deutschland und Europa. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 3/2005. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsanalyse/Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung. Karlsruhe/Hannover.

10 George Orwells *1984*, Aldous Huxleys *Brave New World*, Friedrich Dürrenmatts *Die Physiker*, Max Frischs *Homo Faber*, Goethes *Faust*, Alwin Tofflers *Third Wave*, Jules Verne's *Reise zum Mond*, u.v.a. zählten zur Standardliteratur im Deutschunterricht, um auf Tücken der Technik und des Fortschritts hinzuweisen.

- Greif, M./Döge, P. et al. (2007 Hrsg.): Das Berufsbild der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel. Düsseldorf.
- Grelon, A./Stück, H. (1996): Ingenieure in Frankreich 1747-1990. Frankfurt amMain.
- Hartmann, E./Kusmann, M./Scherweit, S. (2006 Hrsg.): Technik und Bildung in Deutschland. Technikunterricht in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen. Eine Dokumentation und Analyse, zugleich VDI Report Nr. 38. Düsseldorf.
- Heidenreich, M. (2001): Ingenieure und Techniker. Eine Fallstudie über die Verschiedenheit des Wissens. Universität Bielefeld.
- Heidenreich, M. (1992): Ingenieure und Techniker in Frankreich. Eine Fallstudie über die Verschulung technischen Wissens. Arbeitsbericht 77 des FSP. Universität Bielefeld.
- Heine, C./Egeln, J./Kerst, C./Müller, E./Park, S.M. (2007): Bestimmungsgründe für die Wahl von ingenieur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. In: Greif, M./Döge, P. (Hrsg.): Das Berufsbild der Ingenieurinnen und Ingenieure im Wandel. Düsseldorf. S. 17-50.
- Hennen, L. (1997): Monitoring „Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik“: Ambivalenz und Widersprüche: Die Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik – Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage des TAB. TAB Arbeitsbericht Nr. 54, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin.
- Hennen, L. (2002): Monitoring „Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik“: Positive Veränderung des Meinungsklimas – konstante Einstellungsmuster. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage des TAB zur Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin.
- Henninger, W. (2002): Arbeitsmarkt-Information für qualifizierte Fach- und Führungskräfte – Bauingenieurinnen und Bauingenieure, Zentralstelle für Arbeitsvermittlung der Bundesagentur für Arbeit – Arbeitsmarkt-Informationsservice (AMS). Bonn.
- Hiller, S./Pfenning, U./Renn, O. (2008): Ergebnisbericht zur wissenschaftlichen Evaluation des IdeenParks 2008. Universität Stuttgart/ThyssenKrupp. Stuttgart.
- Ihsen, S./Jeanrenaud, Y./Hantschel, V. (2009): Potenziale nutzen - Ingenieurinnen zurückgewinnen – zum Drop-Out von Ingenieurinnen. TU München/Impuls-Stiftung, Stiftung für den Maschinenbau, Anlagenbau und Informationstechnik. München/Stuttgart.
- LPE Technische Medien GmbH (2009 Hrsg.): Die LPE Technik-Akademie - ein außerschulischer Lernort für Technik nach einem Konzept von LPE. Eberbach.
- Minks, K.H. (2004): Wo ist der Ingenieurwachstum. In: Kurzinformation des Hochschul-Informations-Systems (HIS/2004): Aktuelle Informationen zur Attraktivität des Hochschulstandortes Deutschland. A5/2004. Hannover. S. 13-29.
- OECD (2007): Bildung im Überblick (Education at a Glance). Paris.
- OECD (2008a): Education at a Glance. OECD-Indicators. Paris.
- OECD (2008b): Measuring Improvements in Learning Outcomes. Best Practices to Assess the Value-added of Schools. OECD Publishing. Paris.
- OECD (2009a): Creating Effective Teaching and Learning Environments. First Results from TALIS. Paris.
- OECD (2009b): Evaluating and Rewarding the Quality of Teachers. International Practices. Paris.
- OECD (2009c): Education Today – The OECD Perspective. OECD Publishing. Paris.
- OECD (2010): Education at a Glance. OECD Publishing. Paris.
- Pfenning, U./Renn, O./Mack, U. (2002): Zur Zukunft technischer und naturwissenschaftlicher Berufe – Strategien gegen den Nachwuchsmangel. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (TA-Akademie). Stuttgart.
- Pfenning, U./Renn, O. (2010): Wissenschaftlicher Abschlussbericht zum Projekt Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Interner Bericht. Universität Stuttgart.

- Pfening, U./Hiller, S./Renn, O. (2011): Wissenschaftlicher Abschlussbericht zum Projekt Motivation durch Modellprojekte (MoMoTech). Interner Bericht. Universität Stuttgart.
- Prenzel, M./Stadler, M. (2009): Von SINUS lernen! In: Bildung SPEZIAL Nr. 4(1). Im Brande. S. 26f.
- Sjøberg S./Schreiner, C. (2005): Young People and Science. Attitudes, Values and Priorities. Evidence from the ROSE Project. Keynote Presentation at EU's Science and Society Forum 2005. Brussels, March 8-11, Session 4: Fostering Diversity, Inclusiveness and Equality in Science. <http://ils.uio.no/forskning/rose>.
- VDI (2005): Ingenieurstudie Deutschland 2005: Ergebnisbericht. Düsseldorf.
- VDI (2007): Ingenieurmangel in Deutschland – Ausmaß und wirtschaftliche Konsequenzen. Studie erstellt vom Institut der Deutschen Wirtschaft im Auftrag des VDI. Düsseldorf.
- VDI (2011): Ingenieurstudie Deutschland 2011: Ergebnisbericht. Düsseldorf.
- Weitze, M.D. (2010): Von PUSH zu PUR. Zur Wissenschaftskommunikation in Deutschland von 1999 bis 2004. Saarbrücken.
- Ziefle, M./Jakobs, E.-M. (2009): Wege zur Technikfaszination – Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte. Berlin.
- Zwick, M.M./Renn, O. (2000): Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (TA-Akademie). Stuttgart.