



Der MINT-Fachkräftemangel in der Schweiz

Ausmass, Prognose, konjunkturelle Abhängigkeit, Ursachen und Auswirkungen des Fachkräftemangels in den Bereichen **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften, **T**echnik

Matthias Gehrig, Lucien Gardiol, Markus Schaerrer
Büro Bass, Bern

BASS



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Staatssekretariat für **Bildung und Forschung SBF**

Das Staatssekretariat für Bildung und Forschung veröffentlicht in seiner „Schriftenreihe SBF“ konzeptionelle Arbeiten, Forschungsergebnisse und Berichte zu aktuellen Themen in den Bereichen Bildung und Forschung, die damit einem breiteren Publikum zugänglich gemacht und zur Diskussion gestellt werden sollen. Die präsentierten Analysen geben nicht notwendigerweise die Meinung des Staatssekretariats für Bildung und Forschung wieder.

© 2010 Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF

ISSN: 1142-3342



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Staatssekretariat für Bildung und Forschung
Universitäten

Hallwylstrasse 4
CH-3003 Bern
T +41 31 322 48 44
F +41 31 322 78 54
info@sbf.admin.ch
www.sbf.admin.ch



Der MINT-Fachkräftemangel in der Schweiz

Ausmass, Prognose, konjunkturelle Abhängigkeit, Ursachen und Auswirkungen des Fachkräftemangels in den Bereichen **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften, **T**echnik

Matthias Gehrig, Lucien Gardiol, Markus Schaerrer
Büro Bass, Bern

BASS

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Zusammenfassung	II
1 Ausgangslage und Fragestellung	1
1.1 Ausgangslage und Fragestellung	1
1.2 Textaufbau	1
1.3 Abkürzungen und Begrifflichkeiten	2
2 Ausmass des MINT-Fachkräftemangels	4
2.1 Das theoretische Konzept	4
2.2 Operationalisierung des theoretischen Konzepts	6
2.3 Definitionen von Kennzahlen	9
2.4 Methodik der Online-Unternehmensbefragung	10
2.4.1 Das Befragungsinstrument: Online-Fragebogen	10
2.4.2 Das Vorgehen	11
2.4.3 Universum, Stichprobe, Rücklauf	11
2.4.4 Gewichtung und Hochrechnung	16
2.4.5 Validierung	16
2.4.5.1 Selbstselektionsbias	16
2.4.5.2 Stabilität der MINT-Meldequote	17
2.4.5.3 Validierung mit externen Daten	18
2.5 Der MINT-Fachkräftemangel im März 2009	19
2.5.1 Überblick	19
2.5.2 Qualifizierung der MINT-Fachkräftelücke	22
2.6 Entwicklung des MINT-Fachkräftemangels	24
3 Konjunkturelle Abhängigkeit und Prognose des MINT-Fachkräftemangels	29
3.1 Konjunktur und MINT-Fachkräftelücke	29
3.2 MINT-Fachkräftelücke und MINT-Einwanderung	35
3.3 Marktversagen und Schweinezyklus?	39
3.3.1 Entwicklung der MINT-Löhne	39
3.3.2 Veränderung der MINT*-Studieneintritte	41
3.4 Prognose des MINT*-Fachkräftemangels	45
4 Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels	47
4.1 Mikroökonomische Auswirkungen	47
4.2 Makroökonomische Auswirkungen: Wertschöpfungsverlust	49
5 Ursachen des MINT-Fachkräftemangels	53
5.1 Methodik	53
5.2 Die TREE-Stichprobe und die Untersuchungsstichprobe	54
5.3 Deskriptive Analyse	60
5.4 Multivariate Analyse: Logit-Modell	71
5.5 Fazit	75
5.6 Resultate der Unternehmensbefragung	78
6 Schlussfolgerungen	79
7 Anhang	81
7.1 Definition der Branchen	81
7.2 Definition der MINT-Kategorien	82
8 Literaturverzeichnis	84

Zusammenfassung

Die Verfügbarkeit von technischem Humankapital ist für die Position einer exportorientierten kleinen Volkswirtschaft im globalen Standortwettbewerb der Wissensgesellschaften elementar. Zudem ist unbestritten, dass das technische Humankapital für das Produktivitätswachstum und damit für das Wirtschaftswachstum besonders relevant ist. In den letzten Jahren mehrten sich aber die Klagen der Schweizer Unternehmen über einen Fachkräftemangel im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, kurz MINT. In der Folge kam es zu mehreren parlamentarischen Vorstössen auf eidgenössischer Parlamentsebene. Diese drücken die politische Sorge um die negativen Auswirkungen eines Mangels an naturwissenschaftlichen und technischen Fachkräften auf die Schweizer Volkswirtschaft aus.

Der Bundesrat stellte einen Bericht in Aussicht, um die in den parlamentarischen Vorstössen aufgeworfenen Fragen zu beantworten. Vor diesem Hintergrund hat das SBF das Büro für arbeits- und sozialpolitische Studien BASS AG mandatiert, Ausmass, konjunkturelle Abhängigkeit, Auswirkungen und Ursachen des MINT-Fachkräftemangels im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie zu untersuchen. Der vorliegende Bericht soll zentrale Elemente liefern für den Bericht des Bundesrats zur Beantwortung der parlamentarischen Vorstösse.

Ausmass des MINT-Fachkräftemangels im März 2009

Unter der MINT-Fachkräftelücke zu einem bestimmten Zeitpunkt verstehen wir die Differenz zwischen der Nachfrage nach MINT-Fachkräften und dem inländischen Angebot an MINT-Fachkräften zu diesem Zeitpunkt. Die Nachfrage nach MINT-Fachkräften kann mit der Anzahl offener MINT-Stellen operationalisiert werden. Das Angebot an MINT-Fachkräften, die auf dem Schweizer Arbeitsmarkt verfügbar sind, hingegen mit der Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte. Wenn die MINT-Fachkräftelücke positiv ist, bedeutet dies, dass es innerhalb der Schweiz einen Mangel an MINT-Fachkräften gibt. Ist sie hingegen negativ, dann gibt es auf dem Arbeitsmarkt einen Überschuss an MINT-Fachkräften.

Die Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte kann auf monatlicher Basis der Arbeitsmarktstatistik des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO entnommen werden. Die Anzahl offener MINT-Stellen haben wir für den Monat März 2009 mittels einer repräsentativen Online-Unternehmensbefragung ermittelt. Im Rahmen einer disproportional geschichteten Zufallsstichprobe, die aus dem Betriebs- und Unternehmens-

register BUR gezogen wurde, wurden 3 815 Unternehmen der deutschen und französischen Schweiz zur Teilnahme an der Befragung eingeladen. Bei einem hohen Rücklauf von 41.6 % konnten wir eine Untersuchungsstichprobe mit einem Umfang von $N = 1\,586$ Unternehmen realisieren. Auf der Basis der Daten der Arbeitsmarktstatistik und der hochgerechneten Ergebnisse der Online-Unternehmensbefragung konnten wir für den Monat März 2009 die Fachkräftelücken bezüglich verschiedenen MINT-Kategorien (Elektrotechnik, Informatik, Chemieingenieurwesen, Mathematik etc.) berechnen. Die Lage auf dem MINT-Arbeitsmarkt im März 2009 kann folgendermassen beschrieben werden:

■ **Übersicht:** Im März 2009 betrug die MINT-Fachkräftelücke insgesamt 14 000 (fehlende) MINT-Fachkräfte. Es gab 16 100 offene MINT-Stellen und 2 000 stellensuchende MINT-Fachkräfte. Die Lücke kann als substantiell bezeichnet werden, da sie bei insgesamt 173 000 beschäftigten MINT-Fachkräften eine Vakanzquote von 8,5 % impliziert. Dies bedeutet, dass fast jede 11. MINT-Stelle nicht besetzt ist. Die Arbeitslosenquote unter den MINT-Fachkräften betrug im März 2009 nur gerade 1,2 %, während die Arbeitslosenquote aller Erwerbspersonen mit 3,4 % dreimal so hoch war.

■ **MINT-Kategorien:** Tabelle 1 zeigt die Fachkräftelücke der einzelnen MINT-Kategorien im März 2009. Sie macht deutlich, dass an absoluten Massstäben gemessen insbesondere Informatiker/innen (inkl. Software- & Informatikingenieure/innen), Elektro-, Maschinen- und Mikroingenieure/innen (inkl. Elektronikingenieuren/innen und Telekommunikationsingenieuren/innen) und Bauingenieure/innen fehlten. In einer relativen Betrachtung, d.h. bezogen auf das Total der Stellen der entsprechenden MINT-Kategorie, war der Mangel auch in den Bereichen Biotechnologie, (Molecular) Life Sciences, Pharmatechnologie und Medizintechnologie besonders ausgeprägt.

■ **Unternehmensgrösse:** Die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mit weniger als 250 Beschäftigten waren im März 2009 im Vergleich zu den grossen Unternehmen mit 250 oder mehr Beschäftigten überdurchschnittlich stark vom MINT-Fachkräftemangel betroffen. Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass die Rezession, die im 4. Quartal 2008 von der Finanzmarktkrise ausgelöst wurde, die Nachfrage der grossen Unternehmen nach MINT-Fachkräften stärker gedämpft hat als dies bei den KMU der Fall war. Zum anderen ist nicht auszuschliessen, dass die grossen Unternehmen bei der Rekrutierung von MINT-Fachkräften gegenüber den KMUs Image- und Effektivitätsvorteile haben.

Tabelle 1: Die MINT-Fachkräftelücke im März 09

1 Informatik	3688
MINT-Bereich Informatik	3688
2 Elektroingenieurwesen	1085
3 Maschineningenieurwesen	930
4 Mikroingenieurwesen	862
5 Wirtschaftsingenieurwesen	185
6 Restliches Ingenieurwesen	1287
MINT-Bereich Technik	4348
MINT-Oberbereich IT & Technik	8036
7 Bauingenieurwesen	2879
8 Planung und Vermessung	508
9 Architektur	784
MINT-Bereich Bauwesen	4172
10 Chemie & Verfahrenstechnik	94
11 Biotechnologie & life sciences	374
12 Pharma- & Medizinaltechnologie	530
MINT-Bereich Chemie & life sciences	998
13 Geografie	-15
14 Exakte Wissenschaften	191
15 Andere MINT	691
MINT-Bereich Andere	882
MINT TOTAL	14088

Quelle: eigene Berechnungen

■ **Branchen:** Die Unternehmen aus den Branchen «Bauwirtschaft» und «Telekommunikation & Informationstechnologie» waren im März 2009 vom MINT-Fachkräftemangel besonders stark betroffen. Bei der Bauwirtschaft ist dies darauf zurückzuführen, dass die Nachfrage nach MINT-Fachkräften dieser Branche von der Rezession bis im März 2009 noch nicht nachhaltig tangiert wurde. Demgegenüber waren die beiden Branchen «Elektroindustrie» und «Finanz- und Versicherungswesen» unterdurchschnittlich vom MINT-Fachkräftemangel betroffen. Wenn man unterstellt, dass die natürliche Vakanzquote bezüglich MINT-Stellen 2,5 % beträgt, kann der Schluss gezogen werden, dass diese beiden Branchen im März 2009 von keinem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren. Dieser Tatbestand ist darauf zurückzuführen, dass die Finanzmarktkrise die Finanz- und Versicherungsbranche unmittelbar und umfassender getroffen hat als andere Branchen. Auch die Elektroindustrie wurde von der globalen Rezession, die von der Finanzmarktkrise ausgelöst wurde, besonders rasch und stark tangiert, da diese stark exportorientiert ist.

Entwicklung des MINT-Fachkräftemangels

Auf der Basis der Daten der Arbeitsmarktstatistik des SECO, des Stellenmarktmonitors der Universität Zürich und der Online-Unternehmensbefragung, die wir im März 2009 durchgeführt haben, konnten wir auch die historische Entwicklung des MINT-Arbeitsmarktes rekonstruieren. Diese Entwicklung kann folgendermassen zusammengefasst werden:

■ **«skill-biased technological change»:** Seit 1950 hat sich die Anzahl offener MINT-Stellen fast verzehnfacht. Geht man davon aus, dass die natürliche MINT-Vakanzquote seit 1950 konstant bei 2,5 % liegt, kann der Schluss gezogen werden, dass sich der Anteil der MINT-Fachkräfte am Total der Erwerbstätigen seit 1950 ebenfalls fast verzehnfacht hat. Diese Entwicklung reflektiert den tiefgreifenden Strukturwandel hin zu einer Technologie-affineren Wissensgesellschaft. Das Phänomen, dass sich die Produktionstechnologie dahingehend verändert hat, dass für den Produktionsprozess zunehmend mehr qualifizierte, insbesondere technisch qualifizierte und weniger unqualifizierte Arbeitskräfte benötigt werden, ist aus der ökonomischen Literatur bekannt und wird dort unter dem Stichwort «skill-biased technological change» diskutiert.

■ **Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke seit 1993:** Die Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke seit 1993 ist stark konjunkturell beeinflusst, wobei die MINT-Fachkräftelücke jeweils mit einer Verzögerung von rund einem Jahr auf die konjunkturellen Schwankungen reagiert. Grundsätzlich konnte für die ganze Periode zwischen 1993 und 2008 eine MINT-Fachkräftelücke festgestellt werden.

Im März 1993, am Ende der Rezession, die im 1. Quartal 1991 eingesetzt hatte, betrug die MINT-Fachkräftelücke rund 1 000 MINT-Fachkräfte. Angesichts der Existenz einer natürlichen Vakanzquote lässt sich festhalten, dass es zu diesem Zeitpunkt keinen MINT-Fachkräftemangel gab. Im Zuge des wirtschaftlichen Aufschwungs, der ab dem 4. Quartal 1993 einsetzte und bis ins 1. Quartal 2001 anhielt, kam es in der Folge zu einem kontinuierlichen Anstieg der MINT-Fachkräftelücke, die anfangs 2001 15 000 fehlende MINT-Fachkräfte betrug. Nach dem Platzen der «new economy bubble» setzte im 2. Quartal 2001 ein wirtschaftliche Abschwung ein, der bis ins 3. Quartal 2003 anhielt. Als Konsequenz reduzierte sich die MINT-Fachkräftelücke in dieser Periode: Im Frühjahr 2004 betrug die Lücke nur noch 1 500 MINT-Fachkräfte. Mit einer zeitlichen Verzögerung zum konjunkturellen Aufschwung, der bereits im 4. Quartal 2003 einsetzte und bis ins 2. Quartal 2008 anhielt, kam es in der Folge zu einer kontinuierlichen Angebotsverknappung auf dem MINT-Arbeitsmarkt bis in den September 2007, als der Schweizer Wirtschaft mehr als 20 000 MINT-Fachkräfte fehlten. Die MINT-Arbeitslosigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt nur gerade 0,9 %. Zwischen September 2007 und Oktober 2008 stagnierte die MINT-Fachkräftelücke auf hohem Niveau. Im Übergang vom Oktober 2008 zum November 2008 kam es dann im Zuge diverser Hiobsbot-

schaften bezüglich des Schweizer Finanzmarkts zu einem massiven Einbruch der offenen MINT-Stellen, so dass sich die MINT-Fachkräftelücke binnen Monatsfrist halbierte. Seitdem, d.h. zwischen November 2008 und März 2009, kann eine Stagnation der MINT-Fachkräftelücke beobachtet werden.

Die strukturelle MINT-Fachkräftelücke

Den Einfluss der Konjunktur auf den MINT-Arbeitsmarkt haben wir mittels multivariaten zeitreihenanalytischen Modellen untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass die MINT-Fachkräftelücke stark von der Konjunktur abhängig ist. Auf der Basis des funktionalen Zusammenhangs zwischen der Konjunktur auf der einen Seite und der Anzahl offener MINT-Stellen und stellensuchender MINT-Fachkräfte auf der anderen Seite, konnten wir eine «strukturelle MINT-Fachkräftelücke» identifizieren. Diese beträgt rund 10 000 fehlende MINT-Fachkräfte, wenn man unterstellt, dass der langfristige Wachstumspfad der Schweizer Volkswirtschaft mit einem realen Wachstum des Bruttoinlandprodukts in der Höhe von 1,7 % bis 2,0 % beschrieben werden kann. Daraus kann der Schluss abgeleitet werden, dass der MINT-Fachkräftemangel wieder zum Thema wird, sobald die aktuelle Rezession durchschritten ist und die Konjunktur wieder anzieht.

Die Einwanderung von ausländischen MINT-Fachkräften
Zusätzlich haben wir den Zusammenhang zwischen der Konjunktur, dem MINT-Fachkräftemangel und der Immigration von ausländischen MINT-Fachkräften untersucht. Dabei hat sich zum einen herausgestellt, dass die Einwanderung von MINT-Fachkräften mit der MINT-Fachkräftelücke hoch positiv korreliert ist: je höher die MINT-Fachkräftelücke, desto ausgeprägter die Immigration von MINT-Fachkräften. Zum anderen hat sich gezeigt, dass die Einwanderung von ausländischen MINT-Fachkräften für den Schweizer MINT-Arbeitsmarkt elementar ist. In den Jahren 2007 und 2008 sind jeweils über 10 000 MINT-Fachkräfte eingewandert, was rund zwei MINT-Absolventenjahrgängen an allen Schweizer Universitäten und Fachhochschulen entspricht. Dies macht deutlich, dass der Schweizer MINT-Arbeitsmarkt nicht wirklich als national abgrenzbarer Markt gesehen werden kann.

Marktversagen und Schweinezyklus?

Aus ökonomischer Sicht kommt der Verknappung des Angebots an MINT-Fachkräften, die umgangssprachlich als «Fachkräftemangel» bezeichnet wird, eine wichtige Funktion zu: Die durch die Angebotsverknappung induzierten Lohnsteigerungen fördern gemäss ökonomischer Lehre eine effiziente Faktoral-

lokation, indem Arbeitskräfte aus weniger produktiven Verwendungen oder der Nichterwerbstätigkeit umgelenkt und mittel- bis langfristig aufgrund der höheren Bildungsrendite vermehrt Arbeitskräfte ausgebildet werden. Die Frage ist, ob dieser Marktmechanismus wirklich spielt. Wenn dies der Fall ist, würde man u.a. folgende Phänomene erwarten:

- Die Löhne der MINT-Fachkräfte weisen einen positiven Zusammenhang mit der MINT-Fachkräftelücke auf, konkret: sie steigen, wenn die MINT-Fachkräftelücke zunimmt.
- Jugendliche nehmen mittel- bis langfristig vermehrt MINT-Studiengänge auf, da die MINT-Löhne steigen und die MINT-Berufsaussichten attraktiver werden.

Daher haben wir die **Entwicklung der Reallöhne** der MINT-Fachkräfte zwischen 2004 und 2008 einer detaillierten Analyse unterzogen. Tatsächlich sind die Reallöhne der MINT-Fachkräfte seit 2004 viel stärker gestiegen als der Durchschnitt aller Löhne: Während das reale Lohnwachstum aller Erwerbstätigen zwischen 2004 und 2007 nur gerade 0,6 % betrug, sind die Löhne der MINT-Fachkräfte mit 3,3 % real fast sechsmal so stark gewachsen. Der MINT-Arbeitsmarkt hat also auf die Verknappung an verfügbaren MINT-Fachkräften mit substantiellen Lohnsteigerungen reagiert.

Den Zusammenhang zwischen der MINT-Fachkräftelücke und den **Eintritten in MINT-Studiengänge an Universitären Hochschulen und Fachhochschulen** haben wir mit zeitreihenanalytischen Methoden auf der Basis der empirischen Daten der Jahre 1993 bis und mit 2008 untersucht. Dabei konnten wir keinen statistisch signifikanten Einfluss der MINT-Fachkräftelücke auf die Anzahl MINT-Studieneintritte nachweisen. Dieses Ergebnis ist zum einen mit den Ergebnissen der Forschung zum Studienfachentscheid konsistent. Diese besagen, dass Arbeitsmarktüberlegungen beim Studienfachentscheid nur eine untergeordnete Rolle spielen. Zum anderen sind unsere Ergebnisse nicht mit der aus der ökonomischen Literatur bekannten Argumentationsfigur des «Schweinezyklus» konsistent.

Prognose des MINT-Fachkräftemangels

Auf der Basis der funktionalen Zusammenhänge zwischen Konjunktur, offenen MINT-Stellen, MINT-Stellensuchenden und MINT-Einwanderung und auf der Basis der Prognosen des SECO zum realen Wirtschaftswachstum in den Jahren 2009 und 2010, konnten wir für die Jahre 2010 und 2011 eine Prognose der MINT-Fachkräftelücke erstellen. Die Ergebnisse lauten dahingehend, dass die MINT-Fachkräftelücke, die für den März 2009 noch besteht, im weiteren Verlauf des

Jahres 2009 konjunkturbedingt weiter reduziert wird, so dass die MINT-Fachkräftelücke im Frühjahr 2010 kaum mehr bestehen wird oder gar von einem leichten Überangebot abgelöst wird. Im Jahr 2011 wird die Lücke konjunkturbedingt wieder etwas zunehmen – allerdings nicht in einem Ausmass, das man als wirklichen MINT-Fachkräftemangel interpretieren könnte. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es in den Jahren 2010 und 2011 konjunkturbedingt weder einen MINT-Fachkräftemangel noch einen substantielle Angebotüberschuss an MINT-Fachkräften geben wird. Langfristig wird der MINT-Fachkräftemangel jedoch wieder zu einem Thema werden – spätestens, wenn die Schweizer Volkswirtschaft auf ihren langfristigen Wachstumspfad zurückkehrt. Dann nämlich wird der strukturelle MINT-Fachkräftemangel im Umfang von rund 10 000 fehlenden MINT-Fachkräften wieder sichtbar werden.

Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels

Auf **mikroökonomischer Ebene** kann ein Mangel an qualifizierten MINT-Fachkräften negative Auswirkungen auf die einzelnen Unternehmen haben, die zur Güter- und Dienstleistungsproduktion MINT-Fachkräfte benötigen. Konkret kann der MINT-Fachkräftemangel zu höheren Personalkosten führen: Erstens müssen mehr Ressourcen für die Rekrutierung eingesetzt werden – unter anderem aufgrund einer erhöhten Fluktuation von MINT-Fachkräften. Zweitens steigen die Lohnkosten, weil die Reallöhne aufgrund der Faktorverknappung steigen. Drittens können die Kosten der Einarbeitung und Weiterbildung von MINT-Fachkräften steigen, da aufgrund des Mangels MINT-Fachkräfte eingestellt werden müssen, welche die erforderlichen Qualifikationen nicht vollständig mitbringen, so dass sie entsprechend nachqualifiziert werden müssen. Erhöhte Kosten aufgrund eines MINT-Fachkräftemangels können als **Produktivitätsverlust** interpretiert werden: Um den gleichen Waren- oder Dienstleistungsoutput zu generieren, müssen mehr Ressourcen eingesetzt werden.

Der MINT-Fachkräftemangel kann sich jedoch nicht nur auf die Produktivität, sondern auch auf das Produktionsvolumen der Unternehmen auswirken. Wenn es lange Vakanzen gibt oder MINT-Stellen überhaupt nicht besetzt werden können, produziert das betroffene Unternehmen unterhalb des Outputs, der möglich wäre, wenn es keinen Mangel an MINT-Fachkräften geben würde (**Output-Gap**). Dies kann sich konkret darin bemerkbar machen, dass auf Aufträge verzichtet werden muss und/oder Aufträge nur verzögert verarbeitet werden können, dass auf Produktinnovationen verzichtet wird oder solche verschoben werden oder

dass Unternehmensleistungen, die von MINT-Fachkräften erarbeitet werden müssen, ausgelagert werden – allenfalls ins Ausland.

Wenn Unternehmen nicht auf ihrem Potentialoutput-niveau produzieren können, dann resultiert letztlich ein **makroökonomischer Wohlfahrtsverlust**. Diesen konnten wir für das Jahr 2008 quantitativ abschätzen. Der Wohlfahrtsverlust infolge des MINT-Fachkräftemangels betrug im Jahr 2008 rund 2 Milliarden Schweizer Franken, ein substantieller Betrag, der immerhin 0,4 % des Bruttoinlandsprodukts der Schweiz entspricht.

Ursachen der MINT-Fachkräftelücke

Auf einer rein phänomenologischen Ebene kann festgehalten werden, dass die strukturelle MINT-Fachkräftelücke darauf zurückzuführen ist, dass das Angebot an MINT-Fachkräften nicht mit der Ausdehnung der Nachfrage nach MINT-Fachkräften seit 1950 Schritt gehalten hat. Die Frage nach der Ursache des strukturellen MINT-Fachkräftemangels Frage, warum nicht mehr angehende Studierende aus der Schweiz ein MINT-Studium an den Universitäten und Fachhochschulen absolvieren. Diese Frage führt direkt zur nachgelagerten Fragestellung, welche Faktoren die Wahrscheinlichkeit eines Individuums, ein MINT-Studium zu absolvieren, positiv oder negativ beeinflussen.

Gemäss der einschlägigen Literatur steht die weitere Bildungsbiografie eines Individuums nach dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I bereits in hohem Grade fest. Vor diesem Hintergrund haben wir auf der Basis von personenindividuellen Paneldaten (TREE-Daten) untersucht, welche Eigenschaften der 15-jährigen Schüler und Schülerinnen, die im Jahr 2000 an der PISA-Untersuchung teilgenommen haben, die Wahrscheinlichkeit tangieren, später eine MINT-Fachkraft zu werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten deskriptiven Analyse und der vorgenommenen multivariaten Logit-Modellierung der TREE-Daten können folgendermassen zusammengefasst werden:

■ **Bedeutung und Persistenz des Interesses:** Die multivariate Logit-Modellierung hat gezeigt, dass der Berufswunsch im Alter von 15 Jahren, eine MINT-Fachkraft zu werden, und das Interesse für Mathematik die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, sehr stark positiv beeinflussen. Dieses Ergebnis kann dahingehend interpretiert werden, dass die Interessen im Alter von 15 Jahren bereits hochgradig feststehen, was mit der Forschung zur Entstehung und Entwicklung der Interessen konsistent ist. Zusammen mit dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundar-

stufe I (der auch hochgradig Interesse-getrieben ist) legt das stabile Interesse im Alter von 15 Jahren die weitere Bildungsbiografie schon fast deterministisch fest. Die Persistenz und Determination wird dabei durch informelle und formelle Zugangsbarrieren beim Übergang von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe verstärkt, so dass eine sehr starke Koppelung zwischen dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I und dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II entsteht.

■ **Selektierende Funktion der Mathematik:** Die deskriptive und multivariate Analyse der TREE-Daten haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit in und das Interesse für Mathematik im Alter von 15 Jahren die Wahrscheinlichkeit, später eine MINT-Fachkraft zu werden, stark positiv beeinflussen. Dass die «Ich-Kann-Variable», d.h. die Leistungsfähigkeit in Mathematik im Alter von 15 Jahren den später zu treffenden Studienfachentscheid derart stark beeinflusst, zeigt wiederum, dass der Studienfachentscheid pro oder contra MINT etwas mit Leistungsfähigkeit zu tun hat. Interessant ist dabei die Beobachtung, dass nicht die Leistungsfähigkeit in den Naturwissenschaften entscheidend ist, sondern diejenige in der Mathematik. Auch das Interesse für Naturwissenschaften ist bezüglich dem Studienfachentscheid pro oder contra MINT offenbar irrelevant. Bezüglich dem Studienfachentscheid kommt der Mathematik also nicht nur in den Exakten Wissenschaften, sondern auch in den eher praktisch ausgerichteten Ingenieurwissenschaften eine selektierende Funktion zu.

■ **Werte der «MINT-Welt»: Leistungsfähigkeit, Wettbewerb, Fleiss und Ehrgeiz**

Die Affinität von angehenden MINT-Fachkräften zu kompetitivem Lernen ist überdurchschnittlich hoch. Bezüglich dem kooperativen Lernen lässt sich ein gegenteiliger Zusammenhang beobachten. Mit der Logit-Modellierung der TREE-Daten konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass ein hoher sozioökonomischer Status, der dem Berufswunsch der 15-jährigen PISA-Schüler/innen inhärent ist, die Wahrscheinlichkeit erhöht, später eine MINT-Fachkraft zu werden. Der sozioökonomische Status des Berufswunsches kann dabei als Indikator des Ehrgeizes im Alter von 15 Jahren interpretiert werden. Zum anderen hat sich herausgestellt, dass der Fleiss der 15-Jährigen, operationalisiert mit dem Zeitaufwand, der für das Erledigen von Hausaufgaben eingesetzt wird, die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, positiv beeinflusst. Zusammengefasst ergibt sich so ein Bild der «MINT-Welt», die in einem gewissen Sinne als elitär bezeichnet werden kann – zumindest aber kann

festgestellt werden, dass Leistungsfähigkeit, Kompetitivität, Ehrgeiz und Fleiss Werte sind, die für eine MINT-Affinität wichtig sind.

■ **Ausgeprägter Geschlechterbias**

Das Geschlecht beeinflusst die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, ausserordentlich stark. Die Wahrscheinlichkeit eines 15-jährigen Schülers, eine MINT-Fachkraft zu werden, ist fünfmal höher als diejenige einer 15-jährigen Schülerin. 60% des Unterschieds kann damit erklärt werden, dass die Schülerinnen sich bezüglich Interesse für Mathematik, Leistung in Mathematik, Berufswunsch und sozioökonomischem Status, der diesem Berufswunsch inhärent ist, bezüglich Affinität zum kooperativen Lernen und bezüglich Zeitaufwand für Hausaufgaben von den männlichen Schulkollegen unterscheiden. Sie interessieren sich weniger für Mathematik, haben schlechtere PISA-Mathematikleistungen, haben weniger den Berufswunsch, eine MINT-Fachkraft zu werden, sind eher dem kooperativen Lernen zugetan und hegen Berufswünsche, die weniger ehrgeizig sind. Die restlichen 40% des Unterschieds sind nicht durch andere Faktoren als das Geschlecht erklärbar. Die Wirkung des Geschlechts auf die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, kann mit dem Gedankenexperiment einer «Geschlechtsumwandlung» illustriert werden: Würde eine 15-jährige Schülerin des PISA-Jahrgangs 2000 sozusagen «über Nacht» das Geschlecht wechseln, während die restlichen Eigenschaften dieser Schülerin konstant bleiben würden, würde sich die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, für dieses Individuum sozusagen «über Nacht» verdreifachen.

■ **Bedeutung des Elternhauses:** Die Ergebnisse bezüglich dem Zusammenhang zwischen dem sozioökonomischen Hintergrund des Elternhauses und der Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, deuten in eine Richtung, die mit zwei Argumentationsfiguren konsistent sind, die aus der Literatur zum Studienfachentscheid sind. Die **Argumentationsfigur der «success expectancy»** besagt, dass angehende Studierende aus tieferen sozialen Schichten ihnen weniger ehrgeizig erscheinende Studiengänge wählen, da sie bezüglich einem allfälligen unfreiwilligen Studienabbruch aufgrund ungenügender Leistungen risikoaverser sind als Studierende aus sozial höheren Schichten. Die **Argumentationsfigur der «Einkommens-induzierten Selbstselektion»** stellt in den Vordergrund, dass der zeitliche Aufwand für die erfolgreiche Bewältigung eines MINT-Studiums signifikant höher ist als derjenige für alternative Studiengänge, was die Möglichkeiten schmälert, nebenbei ein Erwerbseinkommen zu erzielen. Dies führt dazu, dass

die angehenden Studierenden aus sozial tieferen Schichten, die nur in vermindertem Umfang von der Familie finanziell unterstützt werden können, sich nicht für MINT-Studiengänge, sondern für Studiengänge entscheiden, die weniger aufwändig sind.

Schlussfolgerungen

■ Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse, die wir im Rahmen dieser Studie gewinnen konnten, können wir bezüglich allfälligen politischen Massnahmen, welche die strukturelle MINT-Fachkräftelücke reduzieren sollen, vier Ansätze deduzieren:

■ **Erhöhung des Interessens für Mathematik und Technik:** Eine nachhaltige Erhöhung des Anteils von MINT-Studiengängen an der Anzahl tertiärer Studieneintritte kann nur gelingen, wenn das Interesse für Mathematik und Technik, das gegen Ende der Sekundarstufe I bei den Schweizer Schülerinnen und Schülern vorliegt, erhöht werden kann. Massnahmen zur Steigerung dieser Interessen sollten dabei idealerweise bereits auf der Primarstufe oder sogar im Vorschulalter eingesetzt werden. Dabei kann allenfalls an das bekanntlich hohe Interesse von Kindern und Jugendlichen für Computer, Internet, Handys, Games etc. angeknüpft werden. Ein besonderer Fokus sollte darauf gerichtet werden, die geschlechterspezifische Interessenssozialisation zu durchbrechen. Diesbezüglich ist eine Sensibilisierung von Betreuungs- und Lehrkräften wünschenswert, die in Kindertagesstätten, der Primarschule oder der Sekundarstufe I tätig sind.

■ **Erhöhung der Leistungsfähigkeit in Mathematik:** Der Mathematik kommt beim Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, eine selektierende Filterfunktion zu. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass durch eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in Mathematik, die Wahrscheinlichkeit, dass diese später MINT-Fachkräfte werden, erhöht werden kann. Denn wenn die angehenden Studierenden eine höhere Leistungsfähigkeit in Mathematik haben, erscheinen ihnen die MINT-Studiengänge weniger schwierig («sucess expectancy»).

■ **Förderung der Immigration von MINT-Fachkräften und MINT-Bildungsausländer/innen:** Bereits heute ist die Immigration von MINT-Fachkräften für die Deckung des Arbeitskräftebedarfs der Schweizer Unternehmen elementar. Durch entsprechende Massnahmen sollte es möglich sein, den ausländischen Pool bestehend aus MINT-Fachkräften und angehenden MINT-Studierenden noch stärker zu nutzen.

■ **Erhöhung der relativen Bildungsrenditen von MINT-Studiengängen:** Es sind Massnahmen denkbar, welche die Kosten, die Studierende von MINT-

Studiengängen zu tragen haben, reduzieren, so dass die Bildungsrendite von MINT-Studiengängen gegenüber konkurrierenden Studiengängen steigt. Diese Kosten bestehen aus Immatrikulationskosten, Kosten für Materialien, die im Rahmen des MINT-Studiums benötigt werden (Computer etc.) und aus den Opportunitätskosten im Sinne entgangener Einkommen aus bezahlter Erwerbsarbeit. Insbesondere die letztgenannten Kosten dürften bei angehenden Studierenden aus sozial tieferen Schichten den Entscheid, einen MINT-Studiengang zu wählen, negativ tangieren.

1 Ausgangslage und Fragestellung

1.1 Ausgangslage und Fragestellung

Ein Mangel an qualifizierten naturwissenschaftlichen und technischen Arbeitskräften beschäftigte im Jahr 2007 und im 1. Halbjahr 2008 nicht nur die Schweizer Wirtschaft und Presselandschaft. Der Mangel an Informatikern/innen, Ingenieuren/innen und anderen Fachkräften im Bereich «MINT» (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) bewegt auch die eidgenössische Politik: Die Postulate Hochreutener (07.3538), Fetz (05.3508), Recordon (07.3747), Widmer (07.3810) und die Interpellation Neiryneck (08.3565) drücken die politische Sorge um die negativen Auswirkungen eines Mangels an naturwissenschaftlichen und technischen Fachkräften auf die Schweizer Volkswirtschaft aus.

Die politische Sorge ist zum einen damit zu erklären, dass die Verfügbarkeit von technischem Humankapital für die Position einer exportorientierten kleinen Volkswirtschaft im globalen Standortwettbewerb der Wissensgesellschaften elementar ist. Zum anderen ist bekannt, dass das technische Humankapital, das als besonders innovationsrelevant gilt, für das Produktivitätswachstum und damit für das Wirtschaftswachstum besonders entscheidend ist.

Das Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF hat deshalb das Büro für arbeits- und sozialpolitische Studien BASS AG beauftragt, Ausmass, Struktur, Ursachen und Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie zu untersuchen. Der vorliegende Bericht soll zentrale Elemente liefern für den Bericht des Bundesrats zur Beantwortung der parlamentarischen Vorstösse.

Gemäss der Ausschreibung vom 10. November 2008 sollen folgende Fragestellungen und Themengebiete abgedeckt werden:

- Quantifizierung des Fachkräftemangels in den Technischen Wissenschaften, den Naturwissenschaften und den exakten Wissenschaften in der Periode 2000-2008, ausgewiesen nach einzelnen Berufen bzw. Fachrichtungen (Mathematik, Informatik, Physik etc.).
- Konjunkturelle Abhängigkeit des Fachkräftemangels und Einfluss der sich abzeichnenden Rezession auf den Fachkräftemangel in der nahen Zukunft.
- Prognose des Fachkräftemangels auf der Basis des historisch beobachteten Fachkräftemangels
- Auswirkungen des Fachkräftemangels auf die Schweizer Wirtschaft.
- Ursachen des Fachkräftemangels,

1.2 Textaufbau

Der Text ist gemäss den soeben formulierten Fragestellungen strukturiert.

Im **Kapitel 2** werden wir das **Ausmass** des MINT-Fachkräftemangels quantifizieren. Dabei werden wir in einem ersten Schritt das Konzept der «MINT-Fachkräftelücke» vorstellen (Abschnitte 2.1 und 2.2) und einige Kennzahlen definieren, die geeignet sind, den Fachkräftemangel zu indizieren (Abschnitt 2.3). In einem zweiten Schritt werden wir die Online-Unternehmensbefragung, die wir zur Quantifizierung des MINT-Fachkräftemangels durchgeführt haben, umfassend vorstellen (Abschnitt 2.4). Im dritten und letzten Schritt werden wir die empirischen Ergebnisse zum Ausmass des MINT-Fachkräftemangels präsentieren – einerseits im Rahmen einer Querschnittsanalyse für den März 2009 (Abschnitt 2.5), andererseits im Rahmen einer Längsschnittsanalyse, welche die Entwicklung des MINT-Fachkräftemangels seit 1990 aufzeigen wird (Abschnitt 2.6).

Im **Kapitel 3** werden wir den Zusammenhang zwischen dem MINT-Fachkräftemangel und der **Konjunktur** mittels zeitreihenanalytischer Methoden untersuchen. Dabei werden wir aufzeigen und quantitativ erfassen, wie der MINT-Fachkräftemangel vom Wirtschaftswachstum abhängt (Abschnitt 3.1) und wie der MINT-Fachkräftemangel die **Einwanderung von MINT-Fachkräften** beeinflusst (Abschnitt 3.2). Im Abschnitt 3.3 werden wir uns der Frage zu wenden, ob im Zusammenhang mit dem Fachkräftemangel ein **Marktversagen** vorliegt. Zu diesem Zweck werden wir mittels multivariaten statistischen Methoden untersuchen, wie sich der MINT-Fachkräftemangel auf die Löhne von MINT-Fachkräften und auf die Anzahl Eintritte in MINT-Studiengänge auswirkt. Im Abschnitt 3.4 schliesslich werden wir auf der Basis der gefundenen zeitreihenanalytischen Modelle prognostizieren, wie sich der MINT-Fachkräftemangel bis ins Jahr 2011 entwickeln wird.

Im **Kapitel 4** widmen wir uns der Frage, was für **Auswirkungen** der MINT-Fachkräftemangel auf die Schweizer Wirtschaft hat. Dabei werden wir einerseits aufzeigen, welche Auswirkungen der MINT-Fachkräftemangel auf die einzelnen Unternehmen haben kann (Abschnitt 4.1), andererseits werden wir die makroökonomischen Auswirkungen auf die

Schweizer Volkswirtschaft quantitativ abschätzen, indem wir den Wertschöpfungsverlust berechnen, der ursächlich auf den MINT-Fachkräftemangel zurückgeführt werden kann (Abschnitt 4.2).

Im Kapitel 5 schliesslich wenden wir uns den Ursachen des MINT-Fachkräftemangels zu, indem wir auf der Basis von personenindividuellen Paneldaten untersuchen, welche Faktoren dem Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, förderlich sind.

1.3 Abkürzungen und Begrifflichkeiten

Im nachfolgenden Text werden wir die folgenden Begrifflichkeiten und sprachlichen Verkürzungen im Zusammenhang mit der Abkürzung «MINT» verwenden:

- **MINT:** Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik.
- **MINT-Fachkraft:** Eine Arbeitskraft, die einen Bildungsabschluss an einer Universität (UH), Fachhochschule (FH), Fachschule HTL oder an einer Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik erfolgreich absolviert hat. Für eine exakte Definition verweisen wir auf Abschnitt 2.1.
- **MINT-Beschäftigte:** Erwerbstätige Personen, die als MINT-Fachkräfte beschäftigt sind.
- **Offene MINT-Stellen:** Offene Stellen, die sich an MINT-Fachkräfte richten bzw. von einer MINT-Fachkraft besetzt werden sollen.
- **MINT-Stellensuchende:** Stellensuchende MINT-Fachkräfte.
- **MINT-Fachkräftelücke:** Differenz zwischen offenen MINT-Stellen und stellensuchenden MINT-Fachkräften. Für eine analytische Definition der absoluten MINT-Fachkräftelücke verweisen wir auf Formel (2.1) im Abschnitt 2.1, für eine analytische Definition der relativen MINT-Fachkräftelücke auf die Formel (2.2) im Abschnitt 2.1.
- **MINT-Fachkräftemangel:** Diesen Begriff verwenden wir zum einen umgangssprachlich, wie er auch in der gedruckten und elektronischen Presse verwendet wird. Zum anderen verwenden wir den Begriff für eine (relative) Kennzahl, die in Formel (2.2) im Abschnitt 2.1 analytisch definiert wird.
- **MINT-Meldequote:** Anteil der offenen MINT-Stellen, die von den Unternehmen einer regionalen Arbeitsvermittlungstelle (RAV) gemeldet oder auf deren Internetplattformen www.treffpunkt-arbeit.ch oder www.espace-emploi.ch registriert wurden.
- **MINT - <SUBSTANTIV>:** Allgemein werden wir die Abkürzung «MINT» mit Substantiven kombinieren. Beispiele sind: MINT-Anteil, MINT-Lohn, MINT-Studieneintritte etc. Die Bedeutung sollte im jeweiligen Zusammenhang klar sein.

Des weiteren werden wir einige Fachbegriffe verwenden, deren Kenntnis für das Verständnis des Textes wichtig ist:

- **NOGA:** Die Nomenklatur «Nomenclature Générale des Activités économiques», kurz NOGA, ist eine Systematik zur Einteilung von Unternehmen zu Wirtschaftszweigen. Die NOGA 2008 hat 5 Strukturebenen: 794 Arten (5-Steller) sind in 615 Klassen (4-Steller) eingeteilt, die zu 272 Gruppen (3-Steller) zusammengefasst werden. Diese wiederum sind zu 88 Abteilungen (2-Steller) zusammengefasst, die ihrerseits 21 Abschnitte (1-Steller) konstituieren. Sofern im Text nicht anders vermerkt wird, meinen wir die 272 NOGA-Gruppen (NOGA-3-Steller), wenn wir von Wirtschaftszweigen sprechen. Für weiterführende Informationen zur NOGA 2008 verweisen wir auf den Nomenklaturserver des Bundesamt für Statistik: <http://www.classweb.bfs.admin.ch>.
- **AVAM-Beruf:** Der AVAM-Beruf ist eine vom Bundesamt für Statistik gepflegte Codierung aller relevanten Berufsbezeichnungen. Ein AVAM-Beruf hat einen eindeutigen Code, kann jedoch verschiedene Berufsbezeichnungen enthalten. Der AVAM-Beruf ist die Grundlage für die Zuteilung eines Berufs in die Beschäftigungsnomenklaturen SBN 2000 und ISCO 88.
- **SBN 2000:** Die Nomenklatur «Schweizer BerufsNomenklatur 2000», kurz SBN 2000, ist eine Systematik zur Einteilung von Berufen bzw. zur Gruppierung von AVAM-Berufen. In der SBN 2000 sind 380 Berufsarten (5-Steller) zu 88 Berufsgruppen (3-Steller) zusammengefasst, diese wiederum zu 39 Berufsklassen (2-Steller), die schliesslich in 9 Berufsabteilung (1-Steller) organisiert sind. Für diese Studie sind insbesondere die SBN-3-Steller «311 Ingenieurberufe», «336 Berufe der Informatik» und «853 Berufe der Naturwissenschaften» relevant. Für weiterführende Informationen zur SBN 2000 verweisen wir auf den Nomenklaturserver des Bundesamt für Statistik: <http://www.classweb.bfs.admin.ch>.
- **ISCO 88:** Die «International Standard Classification of Occupations» aus dem Jahr 1988, kurz ISCO 88, ist wie die SBN 2000 eine Berufsgruppennomenklatur, welche im Gegensatz zur SBN 2000, auch eine internationale Bedeutung hat. Die ISCO 88 besteht aus 493 Berufsgattungen (4-Steller), die in 148 Berufsuntergruppen (3-Steller) organisiert sind, die ihrerseits zu 36 Berufsgruppen (2-Steller) zusammengefasst sind, die 10 Berufshauptgruppen (1-Steller) konstituieren. Für diese Studie sind insbesondere die ISCO88-3-Steller «291 Ingenieurberufe», «333 Berufe der Informatik» und «453 Berufe

der Naturwissenschaften» relevant. Für weiterführende Informationen zur ISCO 88 verweisen wir auf den Nomenklaturserver des Bundesamt für Statistik: <http://www.classweb.bfs.admin.ch>.

■ **ISCED:** Die «International Standard Classification of Education», kurz ISCED, ist eine internationale Nomenklatur zur Klassifizierung von Ausbildungslehrgängen und Schultypen. Die ISCED unterscheidet grundsätzlich zwischen folgenden Ausbildungsstufen: ISCED 1: Primarschule; ISCED 2A: Sekundarstufe I; ISCED 3A-C: Gymnasiale Maturitätsschulen, Fachmittelschulen, Fachmaturitätsschulen, berufliche Grundbildung, Berufsmaturitätsschulen; ISCED 4A: Maturitätsschulen für Erwachsene; ISCED 4B: Berufsbildung (Zweitausbildung); ISCED 5A: Universitäre Hochschulen und Fachhochschulen, inkl. HTL- und HWV-Lehrgänge; ISCED 5B: Höhere Berufsbildung; ISCED 6: PhD, Doktorat. Für die vorliegende Studie ist insbesondere der Bereich ISCED 5A relevant. Wenn wir den Begriff «höhere Ausbildung» verwenden, meinen wir damit stets die Stufe ISCED 5A. Die ISCED-Stufen sind nicht mit den ISCED-Feldern zu verwechseln, die Ausbildungslehrgänge inhaltlich strukturieren. Für weiterführende Informationen zur ISCED-Nomenklatur verweisen wir auf das Bundesamt für Statistik:

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infotek/nomenklaturen/blank/blank/isced/01.html>.

■ **PISA:** Beim «Programme for International Student Assessment», kurz PISA, handelt es sich um eine internationale Schulleistungsstudie, an der die meisten OECD-Staaten sowie zunehmend mehr Partnerstaaten teilnehmen. Im Kapitel 5 zu den Ursachen des MINT-Fachkräftemangels werden wir Ergebnisse der PISA-Studie aus dem Jahr 2000 nutzen, um zu erklären, warum sich einige der 15-jährigen Schüler/innen später für ein MINT-Studium entscheiden und andere nicht. Für weiterführende Informationen verweisen wir auf <http://www.pisa.admin.ch/bfs/pisa/de/index.html>.

■ **TREE:** Beim Forschungsprojekt «TRansitionen von der Erstausbildung ins Erwerbsleben» handelt es sich um eine nationale Längsschnittuntersuchung zum Übergang Jugendlicher von der Schule ins Erwachsenenleben (Transition). Im Zentrum der Untersuchung stehen die Ausbildungs- und Erwerbsverläufe nach Austritt aus der obligatorischen Schule. Die TREE-Stichprobe umfasst rund 6 000 Jugendliche, die im Jahr 2000 am Projekt PISA teilnahmen und im selben Jahr aus der obligatorischen Schulpflicht entlassen wurden. Für weiterführende Informationen verweisen wir auf <http://tree.unibas.ch>.

■ **skill-biased technological change:** Mit diesem stehenden Begriff der ökonomischen Literatur wird das Phänomen beschrieben, dass es in der Produktionstechnologie dahingehend zu einer Veränderung gekommen ist, dass für den Produktionsprozess zunehmend qualifizierte statt unqualifizierte Arbeitskräfte benötigt werden. Damit steigt die Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften. Traditionell wurde davon ausgegangen, dass die Produktionstechnologie «faktorneutral» ist.

Folgende Abkürzungen werden wir verwenden:

- **BBT:** Bundesamt für Berufsbildung und Technologie
- **BFS:** Bundesamt für Statistik
- **BFM:** Bundesamt für Migration
- **BUR:** Betriebs- und Unternehmensregister (des BFS)
- **KMU:** Kleine und mittlere Betriebe mit bis zu 249 Beschäftigten. Unternehmen mit 250 oder mehr Beschäftigten nennen wir «grosse Unternehmen».
- **RAV:** Regionale Arbeitsvermittlungsstelle
- **SBF:** Staatssekretariat für Bildung und Forschung
- **SECO:** Staatssekretariat für Wirtschaft

2 Ausmass des MINT-Fachkräftemangels

2.1 Das theoretische Konzept

Unter MINT-Fachkräften verstehen wir Erwerbspersonen, die an einer Universität (UH), Fachhochschule (FH), Fachschule HTL oder an einer Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH)¹ erfolgreich ein Studium in einer MINT-Fachrichtung absolviert haben. In **Tabelle 2** haben wir die einzelnen Fachrichtungen, die wir dem Bereich MINT zurechnen, summarisch dargestellt. Die Tabelle zeigt auch, welche **MINT-Fachrichtungen** wir zu **MINT-Kategorien** und **MINT-Bereichen** zusammenfassen².

Tabelle 2: MINT-Bereiche, MINT-Kategorien und MINT-Fachrichtungen

MINT-Bereiche	MINT(*)-Kategorien	MINT-Fachrichtungen
Inf.	MINT*-Kategorie 1.1: Informatik	Informatik, Informatik- und Softwareingenieurwesen, Wirtschafts- und Betriebsinformatik
Technik	MINT*-Kategorie 1.2: Elektrotechnik	Elektrotechnik und Elektroingenieurwesen
	MINT*-Kategorie 1.3: Maschinentechnik	Maschinentechnik und Maschineningenieurwesen, Aviatik, Automobiltechnik
	MINT*-Kategorie 1.4: Mikrotechnik	Elektronik und Elektroingenieurwesen, Mikrotechnik und Mikrotechnikingenieurwesen, Systemtechnik, Mechatronik, Kommunikationssysteme, Telekommunikationstechnik
	MINT*-Kategorie 1.5: Wirtschaftsingenieurwesen	Betriebs- und Produktionswissenschaften, Wirtschaftsingenieurwesen, Medingenieurwesen
	MINT*-Kategorie 1.6: Anderes aus Technik & IT	Materialwissenschaften, Holztechnik, Werkstoffe- und Materialingenieurwesen, andere/fachrichtungsübergreifende Richtungen aus Technik & IT
Bauwesen	MINT*-Kategorie 2.1: Bau	Bauingenieurwesen, Gebäudetechnik, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlageingenieurwesen
	MINT-Kategorie 2.2: Planung und Vermessung	Geomatik, Geodäsie, Vermessungsingenieurwesen, Umweltingenieurwesen, Kulturechnik und Kulturingenieurwesen, Raum-, Landschafts-, Siedlungs- & Ortsplanung
	MINT-Kategorie 2.3: Architektur	Architektur
	MINT-Kategorie 2.4: Anderes aus Bauwesen	Anderer / fachrichtungsübergreifende Richtungen aus dem Bauwesen
Chemie & Life Sciences (C&LS)	MINT*-Kategorie 3.1: Chemie	Chemie, Chemieingenieurwesen, Lebensmittelwissenschaften, Lebensmitteltechnologie, Verfahrenstechnik
	MINT-Kategorie 3.2: Biotechnologie	Biotechnologie, Life Sciences, Molecular Life Sciences, Life Science Technologies, Lebensmittelwissenschaften, Lebensmitteltechnologie
	MINT-Kategorie 3.3: Gesundheit	Pharmazie, Pharmatechnologie, Medizinaltechnik, Medizinaltechnologie
	MINT-Kategorie 3.4: Anderes aus C&LS	Anderer / fachrichtungsübergreifende Richtungen aus C&LS
Andere MINT	MINT-Kategorie 4.1: Geografie	Geografie, Umwelt(natur)wissenschaften, andere/fachrichtungsübergreifende Richtungen aus den Geo- und Umweltwissenschaften
	MINT*-Kategorie 4.2: Exakte Wissenschaften	Mathematik, Statistik, Physik, Astronomie, andere/fachrichtungsübergreifende exakte Wissenschaften
	MINT-Kategorie 4.3: Andere MINT	Agronomie, Forstwirtschaft, andere/kategorieübergreifende MINT-Fachrichtungen

Quelle: Eigene Darstellung

¹ Universitäten, Fachhochschulen, Fachschulen HTL und Eidgenössische Technische Hochschulen konstituieren im MINT-Bereich zusammen die Ausbildungsstufe ISCED 5A. Höhere Fachschulen (mit Ausnahme der Fachschulen HTL und HWV) und Technikerschulen sind nicht der Stufe ISCED 5A, sondern der Stufe ISCED 5B zugeordnet.

² In **Tabelle 28** und **Tabelle 29** im Anhang 7.2 ist ausgewiesen, welche Fachrichtungen an den universitären Hochschulen und an den Fachhochschulen wir zu welchen MINT-Kategorien zusammenfassen.

Im späteren Text werden wir zwischen MINT-Fachkräften und MINT*-Fachkräften unterscheiden, wobei die Menge der MINT*-Fachkräfte eine Teilmenge der Menge bestehend aus MINT-Fachkräften darstellt. Diejenigen MINT-Kategorien, die wir als MINT*-Kategorien definiert haben, sind in der **Tabelle 2** mit einem * versehen.

In unserer Definition von «MINT-Fachkräften» nicht enthalten sind Arbeitskräfte, die einen Studiengang auf der Stufe ISCED 5B, d.h. einen MINT-Studiengang an höheren Fachschulen (HF) oder Technikerschulen (TS) absolviert haben. Diese Einschränkung ist bei den meisten MINT-Fachrichtungen bedeutungslos, da es für diese MINT-Fachrichtungen nur Ausbildungsangebote auf der Stufe ISCED 5A, jedoch nicht auf der Stufe 5B gibt (Beispiel: Mathematik). Die Einschränkung dürfte jedoch insbesondere in der MINT-Kategorie «Informatik» wirksam werden, da es auf der Stufe ISCED 5B zahlreiche Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich Informatik gibt. Die etwas elitär anmutende Einschränkung auf die ISCED-Stufe 5A, auch im Bereich Informatik, begründen wir damit, dass Absolventen und Absolventinnen von Informatik-Lehrgängen der Stufe ISCED 5B gemäss Experten und Expertinnen der Personalrekrutierung in erster Linie im IT-Support eingesetzt werden. Für anspruchsvollere Aufgaben – insbesondere im Bereich Forschung und Entwicklung – werden demgegenüber eher UH-, ETH- oder FH-Absolvent/innen gesucht und eingesetzt.

In Anlehnung an die Definition der sogenannten «Ingenieurlücke» in Koppel (2007), Koppel (2008) und Gehrig und Fritschi (2008) definieren wir die «(absolute) MINT-Fachkräftelücke» ökonomisch als Differenz zwischen der Nachfrage nach MINT-Fachkräften und dem Angebot an MINT-Fachkräften, die auf dem Arbeitsmarkt verfügbar sind. Die Fachkräftelücke bezüglich einer MINT-Kategorie i zu einem Zeitpunkt t kann analytisch folgendermassen dargestellt werden:

$$\text{Fachkräftelücke: } L_t^i \equiv N_t^i - A_t^i \quad \forall t, \forall i$$

wobei :

$$L_t^i = \text{Fachkräftelücke bezüglich MINT-Kategorie } i \text{ zum Zeitpunkt } t \quad (2.1)$$

$$N_t^i = \text{Nachfrage nach Fachkräften der MINT-Kategorie } i \text{ zum Zeitpunkt } t$$

$$A_t^i = \text{Angebot von Fachkräften der MINT-Kategorie } i \text{ zum Zeitpunkt } t$$

$$t \in [\text{Januar 1993, Februar 1990, ..., März 2009}]$$

$$i \in [\text{Mathematik, Physik, Chemie, Informatik, Bauingenieurwesen, ...}]$$

Die Formel (2.1) macht zum einen deutlich, dass die MINT-Fachkräftelücke sowohl einen positiven als auch einen negativen Wert annehmen kann. Nimmt die MINT-Fachkräftelücke einen positiven Wert an (Nachfrage > Angebot), herrscht auf dem Arbeitsmarkt ein MINT-Fachkräftemangel. Nimmt sie hingegen einen negativen Wert (Nachfrage < Angebot) an, ist auf dem Arbeitsmarkt ein Angebotsüberschuss, d.h. ein Überschuss an MINT-Fachkräften zu beobachten.

Die Formel (2.1) zeigt ausserdem, dass die Fachkräftelücke unter anderem auch von der Definition der MINT-Kategorien i abhängig ist. Unsere fachlich breite Definition von MINT-Fachkräften impliziert, dass diese ein heterogenes Feld darstellen und unterschiedliche MINT-Fachkräfte teilweise nicht substituierbar sind; beispielsweise kann ein Chemiker oder eine Chemikerin nicht mit einem Mathematiker bzw. einer Mathematikerin ersetzt werden. Deshalb gibt es eine Vielzahl von MINT-Fachkräftelücken. Man könnte in diesem Zusammenhang von der «Mathematik-Fachkräftelücke», «Chemie-Fachkräftelücke», «Bauingenieur-Fachkräftelücke» etc. sprechen. Aus diesem Grund haben wir die einzelnen MINT-Fachrichtungen zu 15, für den Arbeitsmarkt relevante MINT-Kategorien zusammengefasst (s. **Tabelle 2**). Bei der Kalkulation der MINT-Fachkräftelücke gehen wir davon aus, dass Fachkräfte **innerhalb einer MINT-Kategorie**, also unter den einzelnen MINT-Fachrichtungen einer Kategorie, **vollständig substituierbar** sind, und dass es **unter den verschiedenen MINT-Kategorien überhaupt keine Substituierbarkeit** gibt. Die Annahme der Substituierbarkeit innerhalb einer MINT-Kategorie kann bei der Aggregation der verschiedenen Kategorien dann kritisch werden, wenn das Vorzeichen der Fachkräftelücke in den einzelnen Fachrichtungen dieser Kategorie unterschiedlich ist, so dass ein Fachkräfteüberschuss in einer Fachrichtung einen Fachkräftemangel in einer anderen Fachrichtung derselben Kategorie wegkompensieren könnte. Wir werden aber später sehen, dass sich dieses Problem angesichts der empirischen Daten nicht stellt. Das Problem der Substituierbarkeit stellt sich übrigens auch innerhalb einer einzelnen

MINT-Fachrichtung. So ist es zum Beispiel denkbar, dass es 1 000 stellensuchende Mathematiker/innen gibt, die auf das Gebiet der «linearen Algebra» spezialisiert sind und von «Analysis» nichts oder nur wenig verstehen. Zur gleichen Zeit kann es 500 offene Stellen für Mathematiker mit fundierten Kenntnissen der «Analysis» geben. Gemäss unserer Definition der MINT-Fachkräftelücke würde es in diesem Fall keinen Mangel an Mathematikern bzw. Mathematikerinnen geben und die Fachkräftelücke würde -500 betragen, was einem Fachkräfteüberschuss entspricht. Trotzdem kann in der Realität eine «Mathematiker-Lücke» in der Höhe von 500 existieren - nämlich genau dann, wenn aus Qualifikationsgründen keiner der 1 000 stellensuchenden Mathematiker/innen für die 500 offenen Positionen in Frage kommt. Trotz dieser Ausführungen kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass die Annahmen bezüglich der Substituierbarkeit von MINT-Fachkräften plausibel sind und eine derart definierte MINT-Fachkräftelücke ein aussagekräftiges Konstrukt eines allfälligen MINT-Fachkräftemangels auf dem Schweizer Arbeitsmarkt darstellt.

2.2 Operationalisierung des theoretischen Konzepts

Koppel (2007 und 2008) sowie Gehrig und Fritschi (2008) folgend, operationalisieren wir die Nachfrage nach MINT-Fachkräften mit der Anzahl offener MINT-Stellen, die unter Schweizer Arbeitsrecht³ zu einem Zeitpunkt t zu besetzen sind, das Angebot mit der Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte, die zu diesem Zeitpunkt bei einer regionalen Arbeitsvermittlungsstelle (RAV) als arbeitslos gemeldet sind.

Diese Operationalisierung impliziert einen regional bzw. national abgrenzbaren Arbeitsmarkt für MINT-Fachkräfte, der in der Realität nicht derart klar abgrenzbar ist. Auf der einen Seite stellt unsere Operationalisierung dahingehend eine Einschränkung dar, als das Angebot an ausländischen MINT-Fachkräften bei der Kalkulation der MINT-Fachkräftelücke nicht berücksichtigt wird. Wie wir weiter unten ausführen werden, ist das ausländische Angebot an MINT-Fachkräften für den Schweizer MINT-Arbeitsmarkt jedoch nicht zu vernachlässigen. Auf der anderen Seite muss davon ausgegangen werden, dass die ausländische Nachfrage für die in der Schweiz dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehenden MINT-Fachkräften nicht vollständig irrelevant ist. Der internationale Arbeitsmarkt ist zwar in unserer Definition der MINT-Fachkräftelücke nicht berücksichtigt. Wir werden aber insbesondere der Einwanderung von ausländischen MINT-Fachkräften im Verlauf der Studie Rechnung tragen bzw. diskutieren.

Die Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte ist aus der Arbeitsmarktstatistik⁴ des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO bekannt⁵. Die Anzahl offener Stellen der einzelnen MINT-Kategorien haben wir mittels einer Online-Befragung von 1 586 Unternehmen der Schweiz für den März 2009 erhoben und mittels statistischen Verfahren hochgerechnet (s. Abschnitt 2.4 für die methodischen Details der Online-Unternehmensbefragung). Damit liegen uns alle relevanten Informationen vor, um für den **März 2009** die Fachkräftelücken der verschiedenen MINT-Kategorien und MINT-Bereichen berechnen zu können.

Bezüglich der Zeit vor dem März 2009 kennen wir die Anzahl offener MINT-Stellen nicht. Jedoch ist für die Periode Januar 2004 - März 2009 mit der Arbeitsmarktstatistik des SECO die Anzahl der **registrierten** offenen MINT-Stellen bekannt⁶. Die Differenz zwischen offenen und registrierten offenen Stellen ist darauf zurückzuführen, dass den regionalen Arbeitsvermittlungsstellen (RAVs) von den Schweizer Unternehmen nicht alle offenen MINT-Stellen gemeldet werden. Wir nennen den Anteil der offenen MINT-Stellen, die den RAVs gemeldet werden, im folgenden **MINT-Meldequote**. Die MINT-Meldequote ist uns für den März 2009 bekannt, da wir für diesen Zeitpunkt sowohl das Total der offenen MINT-Stellen (gemäss Online-Befragung und Hochrechnung) als auch die Anzahl registrierter offener MINT-Stellen (gemäss Arbeitsmarktstatistik des SECO) kennen. Trifft man nun die Annahme, dass diese Meldequote über die von uns analysierte Periode stabil ist, kann die Anzahl offener registrierter MINT-Stellen mit dem Kehrwert der MINT-Meldequote hochgerechnet werden, so dass ein Schätzwert für das Total der offenen MINT-Stellen im Schweizer Arbeitsmarkt auch für die Vergangenheit seit Januar 2004 vorliegt. Damit sind alle relevanten Informationen gegeben, die erforderlich sind, um die MINT-Fachkräftelücke seit Januar 2004 zu berechnen.

³ Die Einschränkung auf MINT-Stellen, die unter Schweizer Arbeitsrecht zu besetzen sind, war notwendig, weil es in der Schweiz international tätige Unternehmen gibt, die auf dem Schweizer Arbeitsmarkt MINT-Fachkräfte rekrutieren, die dann im Ausland unter ausländischem Arbeitsrecht arbeiten werden.

⁴ Siehe <http://www.amstat.ch> für detaillierte Informationen zur Arbeitsmarktstatistik des SECO.

⁵ Die stellensuchenden Erwerbspersonen sind in der Arbeitsmarktstatistik des SECO mit dem AVAM-Berufcode versehen. Anhand dieser Berufscodes konnten die MINT-Fachrichtungen bzw. MINT-Kategorien gebildet werden, die in **Tabelle 2** dargestellt sind.

⁶ Gleichsam den stellensuchenden Erwerbspersonen sind auch die offenen registrierten Stellen in der Arbeitsmarktstatistik mit dem AVAM-Berufcode versehen. Anhand dieser Berufscodes konnte die MINT-Fachrichtungen bzw. MINT-Kategorien gebildet werden, die in **Tabelle 2** dargestellt sind.

Bezüglich der Periode vor dem Januar 2004 ist die Verfügbarkeit der Daten der Arbeitsmarktstatistik leider beschränkt:

- Offene registrierte (MINT-)Stellen: Die Anzahl offener registrierter Stellen für die Periode vor dem Januar 2004 ist nicht verfügbar. Für die Periode Januar 2004 – März 2009 ist die Information, welches Ausbildungsniveau von einem potentiellen Arbeitnehmer verlangt wird, um eine offene registrierte Stelle zu besetzen, nicht verfügbar. Bezüglich der offenen Stellen in den MINT-Bereichen Technik, Bauwesen, Chemie & Life Sciences und «Andere MINT» stellen diese fehlenden Informationen kein Problem dar, da davon ausgegangen werden kann, dass die offenen registrierten MINT-Stellen in diesen MINT-Bereichen zu 100 % ein Ausbildungsniveau der Stufe ISCED 5A voraussetzen. In diesem Sinne gibt es z.B. keine offenen Stellen für Mathematiker, die nicht einen ISCED 5A Abschluss voraussetzen würden. Bei der MINT-Kategorie Informatik stellt das Fehlen des erforderlichen Ausbildungsniveaus einer Stelle dahingehend ein Problem dar, dass sich viele offene Stellen der SBN-Gruppe «361 Berufe der Informatik» an Arbeitskräfte richten, die keinen Bildungsabschluss der ISCED Stufe 5A haben und demzufolge nicht als MINT-Stellen bezeichnet werden können.

- Stellensuchende MINT-Fachkräfte: Die Anzahl MINT-Stellensuchender ist für die Periode Januar 1993 – Dezember 2003 nur auf der aggregierten Ebene der SBN-3er-Steller verfügbar. Dementsprechend liegt uns die Anzahl Stellensuchender zwischen Januar 1993 und Dezember 2003 nur für die SBN Gruppen «311 Ingenieurberufe» und «361 Berufe der Informatik» vor. Erschwerend kommt hinzu, dass vor dem Januar 2001 die höchste abgeschlossene Ausbildung nicht erfasst wurde, so dass diejenigen Stellensuchenden der SBN-Gruppen 311 und 361, die über eine höchste abgeschlossene Ausbildung der Stufe ISCED 5A verfügen, für die Periode Januar 1993 – Mai 2001 nicht identifiziert werden können.

Im Folgenden beschreiben wir, wie wir den soeben beschriebenen Einschränkungen bezüglich der Datenverfügbarkeit begegnet sind:

- Anteil offener Stellen im Bereich Informatik, die sich an MINT-Informatiker richten: Wir haben im April 2009 200 registrierte offene Stellen der Arbeitsmarktstatistik in den SBN-Gruppen «361.01 Informatiker/innen, Analytiker/innen» und «361.02 Programmierer/innen» im Detail analysiert und ausgezählt. 43 % der ausgezählten offenen Stellen richteten sich an Informatiker/innen, die als MINT-Fachkräfte bezeichnet werden können. Ausgehend von diesem Anteil von 43 % in den Gruppen 361.01 und 362.01 schätzten wir über einen Analogieschluss⁷, dass sich 24,6 % der registrierten offenen Stellen in den SBN-Gruppen «361.03 Informatikoperatore/operatrici», «361.04 Webmasters/Webmistresses uvB» und «361.05 Andere Berufe der Informatik» an Personen mit einem ISCED-5A-Bildungsabschluss richten. Schliesslich haben wir die Annahme getroffen, dass diese Anteile von 43,0 % und 24,6 % in der Periode Januar 2004 bis Januar 2009 konstant waren. Diese Annahme ist zum einen dahingehend kritisch, dass davon ausgegangen werden muss, dass der Anteil der offenen Stellen im Bereich Informatik, die sich an MINT-Fachkräfte richten, mit der Fachkräftelücke der MINT-Kategorie «Informatik» positiv korreliert ist: Je ausgeprägter der Mangel an MINT-Informatikern mit einem ISCED-5A-Bildungsabschluss im Vergleich zum Mangel an Informatikern, die unsere MINT-Definition nicht erfüllen, desto höher dürfte der Anteil offener Stellen sein, die sich an MINT-Informatiker richten. Die Annahme kann letztlich dazu führen, dass wir die MINT-Fachkräftelücke in Zeiten, in denen der Mangel an MINT-Informatikern im Vergleich zum Mangel an «Nicht-MINT-Informatikern» besonders ausgeprägt ist, die Fachkräftelücke der MINT-Kategorie Informatik etwas unterschätzen und in Zeiten, in denen der Mangel an MINT-Informatikern im Vergleich zum Mangel an «Nicht-MINT-Informatikern» weniger ausgeprägt ist, die Fachkräftelücke etwas überschätzen. Zum anderen ist es denkbar, dass wir durch die Annahme der Konstanz dieser Anteil zwischen Januar 2004 und März 2009 die Anzahl offener Stellen zu Beginn dieser Periode etwas überschätzen. Dies ist dann der Fall, wenn der Anteil offener Informatiker-Stellen, die einen ISCED-5A-Bildungsabschluss voraussetzen, aufgrund des «skill biased technological change» (s. Abschnitt 1.3 für eine Definition dieses Begriffs) zwischen Januar 2004 und März 2009 gestiegen ist. Wie wir in Abschnitt 2.4.5 darlegen werden, stimmt die Entwicklung der offenen MINT-Stellen, wie wir sie kalkuliert haben, mit der Entwicklung gemäss externen Daten⁸ jedoch gut überein. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die getroffenen Annahmen die Ergebnisse nicht substantiell verzerren.

⁷ Für die SBN-Berufsgruppen 361.01 und 361.02 kennen wir für den März 2009 sowohl den Anteil der offenen Stellen, die sich an Fachkräfte mit einem ISCED-5A-Bildungsabschluss (43%) richten als auch den Anteil der stellensuchenden Personen mit einem ISCED-5A-Abschluss (27 %). Desweiteren kennen wir für die SBN-Gruppen 361.03, 361.04 und 361.05 den Anteil der stellensuchenden Personen mit einem ISCED-5A-Abschluss (16%). Wir haben nun angenommen, dass das Verhältnis zwischen dem Anteil der stellensuchenden Personen mit einem ISCED-5A-Bildungsabschluss und dem Anteil der offenen Stellen, die einen ISCED-5A-Bildungsabschluss voraussetzen, in den SBN-Berufsgruppen 361.03/361.04/361.05 gleich hoch ist wie in den SBN-Gruppen 361.01/361.02. Diese Annahme impliziert für die SBN-Gruppen 361.03/361.04/361.05, dass der Anteil der offenen Stellen, die einen ISCED-5A-Abschluss verlangen, 24,6 % beträgt.

⁸ Stellenmarktmonitor der Universität Zürich: <http://www.stellenmarktmonitor.uzh.ch/index.html>.

■ **Schätzung der Anzahl offener MINT-Stellen 1950 bis 2003:** Die registrierten offenen MINT-Stellen liegen uns nur für die Periode Januar 2004 bis und mit März 2009 vor. Für die Jahre 1950 bis 2008 liegt nur ein jährlicher Index der offenen MINT-Stellen des Stellenmarktmonitors der Universität Zürich vor⁹, wobei sich der Index für alle Jahre auf den Monat März bezieht, da dem Index eine Stichprobe von offenen Stellen in Printerzeugnissen (Zeitungen etc.) und (ab 2001) Internet (www.jobs.ch etc.) zu Grunde liegt, die jeweils in den letzten zwei Wochen des Monats März gezogen wurde. Für die Jahre 2004 bis und mit 2008 stehen uns deshalb jeweils für den Monat März sowohl die offenen MINT-Stellen gemäss unseren Hochrechnungen mit der MINT-Meldequote als auch der MINT-Index des Stellenmarktmonitors zur Verfügung. Der Zusammenhang zwischen den beiden Zeitreihen (s. Abschnitt 2.4.5) haben wir genutzt, um mit den MINT-Indexdaten des Stellenmarktmonitors die Anzahl offener MINT-Stellen für die Jahre 1950 bis und mit 2003 zu schätzen.

■ **Identifikation der MINT-Stellensuchenden in den Daten von 1993 bis und mit 2001:** Für die Periode Januar 2004 bis und mit März 2009 liegt in der Arbeitsmarktstatistik des SECO für jeden Monat die Anzahl der MINT-Stellensuchenden und damit auch der Anteil der MINT-Stellensuchenden an allen Stellensuchenden der relevanten SBN-Berufsgruppen vor. Basierend auf dieser Zeitreihe (63 Datenpunkte) haben wir mittels einer linearen Regression diesen Anteil für die Jahre 1993-2001 rückwärts geschätzt, wobei sich der Schätzwert eines jeden Jahres auf den Monat März bezieht, da wir nur für den Monat März die offenen MINT-Stellen seit 1993 kennen (siehe Ausführungen weiter oben). Auf diese Weise konnte für die Monate März 1993, März 1994, ..., März 2001 die Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte geschätzt werden.

Abschliessend bleibt anzumerken, dass wir bei den Zeitreihen ab 1950 und 1993 eine **engere Definition von MINT-Fachkräften** verwendet haben. Diejenigen MINT-Kategorien, in welchen der MINT-Mangel im März 2009 weniger ausgeprägt war und MINT-Kategorien, von denen zu erwarten ist, dass es zwischen 1993 und 2008 zeitweise Phasen gab, in welchen die Fachkräftelücke negativ war (d.h.: kein Mangel), wurden zur Kalkulation der Zeitreihen ab 1993 und 1950 ausgeschlossen. Dies deshalb, weil andernfalls eine negative Fachkräftelücke einer MINT-Kategorie (z.B. Geografie) die positive Fachkräftelücke einer anderen MINT-Kategorie (z.B. Elektrotechnik) «wegkompensieren» würde. Würde der Fachkräftelücke der MINT-Kategorie Geografie im Jahr 1998 z.B. -500 (also kein Mangel) und diejenige der MINT-Kategorie «Elektrotechnik» +500 (also ein Mangel) betragen, würde als aggregiertes Ergebnis eine Fachkräftelücke von 0 resultieren, was nicht der Realität entspricht: denn in der Realität fehlen in diesem Beispiel 500 Elektroingenieur/innen.

Im weiteren Text werden wir die engere Definition jeweils mit «**MINT***» bezeichnen, so dass transparent ist, welche MINT-Definition den dargestellten Daten zu Grunde liegt. In **Tabelle 2** auf Seite 4 sind diejenigen MINT-Kategorien, die wir als MINT*-Kategorien definiert haben, mit einem * versehen.

⁹ Für detaillierte Informationen zum Stellenmarktmonitor siehe <http://www.stellenmarktmonitor.uzh.ch/index.html>.

2.3 Definitionen von Kennzahlen

Im Abschnitt 2.1 haben wir die MINT-Fachkräftelücke als Differenz zwischen Nachfrage und Angebot definiert. Im folgenden definieren wir einige weiteren Kennzahlen, die im Zusammenhang mit dem MINT-Fachkräftemangel von Interesse sind und für die wir im weiteren Verlauf dieser Studie empirische Ergebnisse präsentieren werden:

$$\text{Anzahl Beschäftigte: } B_t^i$$

$$\text{Vakanzrate: } V_t^i \equiv \frac{N_t^i}{B_t^i + N_t^i}$$

$$\text{Arbeitslosenquote: } U_t^i \equiv \frac{A_t^i}{B_t^i + A_t^i}$$

$$\text{Relative Fachkräftelücke: } RL_t^i \equiv \frac{L_t^i}{N_t^i} = \frac{N_t^i - A_t^i}{N_t^i}$$

$$\text{Relativer Fachkräftemangel: } RM_t^i \equiv \frac{L_t^i}{B_t^i + N_t^i} = \frac{N_t^i - A_t^i}{B_t^i + N_t^i}$$

wobei:

i = Index für die definierten MINT-Kategorien

t = Zeitindex für den Monat

L_t^i = Fachkräftelücke

N_t^i = Anzahl offener Stellen (Nachfrage)

A_t^i = Anzahl Stellensuchender (Angebot)

(2.2)

Die (MINT-)Vakanzrate, die wir auch (MINT-)Vakanzquote nennen, sagt aus, welcher Anteil der Stellen für Fachkräfte der MINT-Kategorie i zu einem Zeitpunkt t nicht besetzt, also vakant sind. Da es im Arbeitsmarkt Friktionen (ineffiziente Suchprozesse, Profil-Diskrepanzen, regionale Ungleichverteilung etc.) bei der Suche von Unternehmen nach geeigneten (MINT-)Arbeitskräften zur Besetzung offener (MINT-)Stellen gibt, kann es kurzfristig nicht zu einer sofortigen und vollständigen Markträumung kommen, so dass die Vakanzrate auch dann, wenn der (MINT-)Arbeitsmarkt im Gleichgewicht ist, nicht 0% beträgt. Analog zur «natürlichen Arbeitslosenquote» kann man daher von einer «**natürlichen (MINT-) Vakanzrate**» sprechen. Kettner und Spitznagel (2006) rapportieren für Deutschland für die Jahre 2004 und 2005 Vakanzraten von 1,3 % und 2,3 % bezüglich dem gesamten Arbeitsmarkt. Bezüglich den Stellen, die sich an Arbeitskräfte mit Hochschulabschluss richten, berechneten sie Vakanzraten von 2.1% (im Jahr 2004) und 3,0 % (im Jahr 2005). Da für die Schweiz keine entsprechenden Daten vorliegen, gehen wir im folgenden davon aus, dass die natürliche Vakanzrate der Schweiz bezüglich MINT-Stellen 2,5 % beträgt. Da der Schweizer Arbeitsmarkt bekanntlich flexibler ist als der Deutsche Arbeitsmarkt, also in geringerem Ausmass von Starrheiten und Friktionen (die letztlich die natürliche Vakanzrate begründen) betroffen ist, dürfte die natürliche MINT-Vakanzrate in der Schweiz tiefer liegen als in Deutschland. Aus diesem Grund gehen wir davon aus, dass die Annahme von 2,5 % eher hoch ist¹⁰.

¹⁰ Im Rahmen der Online-Befragung von Unternehmen (s. Abschnitt 2.4) haben wir für das Jahr 2008 u.a. die Fluktuationsrate bezüglich MINT-Fachkräften erhoben. Diese betrug bei den befragten Unternehmen im Durchschnitt 10% pro Jahr. Eine MINT-Fluktuationsrate von 10% und eine natürliche MINT-Vakanzrate von 2.5 % impliziert eine durchschnittliche Vakanzzeit von MINT-Stellen in der Höhe von 3 Monaten.

Die **relative (MINT-)Fachkräftelücke** zeigt, welcher Anteil der offenen Stellen für Fachkräfte der MINT-Kategorie i zu einem Zeitpunkt t nicht von entsprechend qualifizierten Stellensuchenden gedeckt sind. Der **relative (MINT-) Fachkräftemangel** schliesslich sagt aus, welcher Anteil aller Stellen für MINT-Fachkräfte der Kategorie i zu einem Zeitpunkt nicht besetzt sind und nicht durch entsprechend qualifizierte stellensuchende MINT-Fachkräfte abgedeckt sind. Während die relative MINT-Fachkräftelücke sich also auf die offenen MINT-Stellen bezieht, bezieht sich demgegenüber der relative MINT-Fachkräftemangel auf alle MINT-Stellen, nicht nur auf die offenen.

In Anlehnung an die oben definierten Kennzahl «Relativer Fachkräftemangel» kann eine Kennzahl entwickelt werden, welche die Betroffenheit eines spezifischen Unternehmens hinsichtlich dem MINT-Fachkräftemangel indiziert. Wir nennen diese Kennzahl «Mangelbetroffenheit»: die Mangelbetroffenheit eines Unternehmens j zu einem Zeitpunkt t ist gegeben durch:

$$\text{Mangelbetroffenheit eines Unternehmens: } MB_t^j = \frac{\sum_i RL_t^i \times N_t^{i,j}}{\sum_i [B_t^{i,j} + N_t^{i,j}]}$$

wobei :

(2.3)

i =Index für die MINT-Kategorien $i=1, \dots, I$

t =Zeitindex für den Monat $t=1, \dots, T$

j =Index für die Unternehmen $j=1, \dots, J$

RL_t^i = Relative Fachkräftelücke in der MINT-Kategorie i zum Zeitpunkt t

$B_t^{i,j}$ = Anzahl beschäftigte Fachkräfte der MINT-Kategorie i durch Unternehmen j zum Zeitpunkt t

$N_t^{i,j}$ = Anzahl offener Stellen des Unternehmens j zum Zeitpunkt t für Fachkräfte der MINT-Kategorie i

Die Kennzahl «Mangelbetroffenheit» zeigt für ein Unternehmen j , welcher Anteil aller MINT-Stellen des Unternehmens zu einem Zeitpunkt t nicht besetzt werden kann, weil es nicht genügend MINT-Stellensuchende mit entsprechender Qualifikation gibt.

2.4 Methodik der Online-Unternehmensbefragung

Im Zentrum der Operationalisierung (s. Abschnitt 2.2) unseres Konzepts der MINT-Fachkräftelücke (s. Abschnitt 2.1) steht eine Online-Befragung von Schweizer Unternehmen. In den folgenden Abschnitten beschreiben wir das Befragungsinstrument (Abschnitt 2.4.1), das Vorgehen während der Feldphase (Abschnitt 2.4.2), sowie das Universum, die Stichprobe und den Rücklauf der durchgeführten Befragung (Abschnitt 2.4.3). In Abschnitt 2.4.4 erläutern wir das Hochrechnungsverfahren, das bei der Bestimmung der Anzahl offener MINT-Stellen und der Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte im März 2009 zur Anwendung kam. Im Abschnitt 2.4.5 schliesslich gehen wir kurz auf einen allfälligen Selbstselektionsbias ein, diskutieren die für unsere Methodik zentrale Annahme der Stabilität der Meldequote und validieren unsere Ergebnisse im Rahmen eines «Cross-Checks» mit externen Daten.

2.4.1 Das Befragungsinstrument: Online-Fragebogen

Die Online-Befragung verfolgte – vor dem Hintergrund unseres Konzepts der MINT-Fachkräftelücke (s. Abschnitte 2.1 und 2.2) – grundsätzlich die folgenden drei Ziele:

- Bestimmung der **Anzahl offener Stellen** der einzelnen MINT-Kategorien im März 2009
- Bestimmung der **Anzahl beschäftigter Fachkräfte** der einzelnen MINT-Bereiche im März 2009
- Erhebung von Informationen zu den **Ursachen** und zu den **Auswirkungen** eines allfälligen MINT-Fachkräftemangels.

Der Online-Fragebogen war in vier Abschnitte gegliedert:

- **Teil 1:** Fragen zu den aktuell **offenen Stellen** des Unternehmens in den einzelnen MINT-Kategorien. Diejenigen Unternehmen, die angegeben haben, zurzeit mindestens eine offene MINT-Stelle zu haben, wurden darüber hinaus dazu be-

fragt, wie sich die Anzahl offener MINT-Stellen seit dem 1. Quartal 2008 verändert hat und welche Veränderung der Anzahl offener MINT-Stellen sie in den nächsten 12 Monaten erwarten.

- **Teil 2:** Fragen zu den **Ursachen des MINT-Fachkräftemangels**. Diese Fragen wurden nur von denjenigen Unternehmen beantwortet, die seit Januar 2008 mindestens einmal von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren.
- **Teil 3:** Fragen zu den **Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels** auf das Unternehmen. Diese Fragen wurden nur von denjenigen Unternehmen beantwortet, die seit Januar 2008 mindestens einmal von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren.
- **Teil 4:** Fragen zu der **Anzahl beschäftigter Fachkräfte** in den einzelnen MINT-Bereichen. Diese Fragen wurden allen Unternehmen gestellt.

2.4.2 Das Vorgehen

Die 3'815 Unternehmen, die Eingang in die Stichprobe gefunden haben, wurden mittels eines brieflichen Einladungsschreibens zur Teilnahme an der Online-Befragung eingeladen. Mit dem Einladungsschreiben erhielten sie einen eindeutigen Identifikationscode, mit welchem sie sich in die Befragung einloggen konnten. Diesen Code benötigten wir zum einen für die Identifikation derjenigen Unternehmen, die an der Befragung noch nicht teilgenommen hatten und zum anderen für die Zuordnung der antwortenden Unternehmen zu Wirtschaftszweigen gemäss der Nomenklatur NOGA 2008. Dem Einladungsschreiben war ein Begleitschreiben beigelegt, in dem definiert war, was wir unter MINT-Fachkräften verstehen und welche MINT-Kategorien wir unterscheiden. Nach rund 2 Wochen wurden diejenigen 3'137 Unternehmen, die an der Befragung noch nicht teilgenommen hatten, mit einem weiteren Schreiben erinnert, an der Online-Befragung teilzunehmen.

Der zeitliche Ablauf der Befragung strukturierte sich folgendermassen:

Mo, 9. März 2009	Versand des brieflichen Einladungsschreiben an 3 815 Unternehmen der Schweizer Wirtschaft.
Di, 10. März 2009	Beginn der Feldphase: Aufschaltung des Online-Fragebogens unter www.buerobass.ch/sbf .
Mi, 23. März 2009	Versand des brieflichen Erinnerungsschreiben an 3 137 Unternehmen.
Di, 15. April 2009	Ende der Feldphase: Online-Fragebogen offline geschaltet.

2.4.3 Universum, Stichprobe, Rücklauf

Im Folgenden beschreiben wir das Universum der Befragung, das Stichprobendesign sowie den Rücklauf bzw. die Untersuchungsstichprobe. Die Zahlen, die wir dabei dokumentieren, sind in **Tabelle 5** festgehalten. Wir möchten explizit darauf hinweisen, dass die Daten, die wir zur Beschreibung des Universums verwenden werden, zwei unterschiedlichen Quellen entnommen sind, die sich auch auf zwei unterschiedliche Zeitpunkte beziehen:

- Anzahl Erwerbstätige und Anzahl MINT-Fachkräfte: Diese Daten sind der **Volkszählung 2000** entnommen und beziehen sich dementsprechend auf das Jahr 2000.
- Anzahl Unternehmen: **Betriebs- und Unternehmensregister BUR**, Stand: **19. Januar 2009**
- Wirtschaftszweige: Wenn wir von Wirtschaftszweigen schreiben, beziehen wir uns auf die 272 3-stelligen Gruppen der Nomenklatur «NOGA 2008»

Universum

Gemäss der Volkszählung 2000 gab es in der französisch- und deutschsprachigen Schweiz¹¹ im Jahr 2000 rund 3.3 Millionen erwerbstätige Personen. Davon konnten wir 1,9 % bzw. 61 200 MINT-Fachkräfte identifizieren, die über die verschiedenen Wirtschaftszweige asymmetrisch verteilt sind. Insbesondere gibt es gemäss der Volkszählung 2000 viele Wirtschaftszweige, in welchen überhaupt keine oder nur vernachlässigbar wenige MINT-Fachkräfte tätig sind. Aus diesem Grund haben wir – basierend auf den Daten der Volkszählung 2000 – in einem ersten Schritt diejenigen Wirtschaftszweige identifiziert, die für den MINT-Arbeitsmarkt relevant sind. Die Identifikation erfolgte in einem mehrstufigen Verfahren:

¹¹ Das Tessin wurden aus Kostengründen nicht berücksichtigt.

- **Schritt 1:** In die Stichprobe aufgenommen wurden alle Wirtschaftszweige, die im Jahr 2000 mehr als 100 MINT-Fachkräfte zählten. Dieses Kriterium trifft für 68 Wirtschaftszweige (NOGA-3Steller) mit insgesamt 155 372 Unternehmen (38,0 % aller Unternehmen), 1,82 Mio. Beschäftigten (56,1 % aller Beschäftigten) und knapp 57 000 MINT-Fachkräften (93 % aller MINT-Fachkräfte im Jahr 2000) zu¹².
- **Schritt 2:** Um Wirtschaftszweige mit einer kleinen Zahl von Beschäftigten, aber einem erheblichen Anteil an MINT-Fachkräften nicht automatisch auszuschliessen, wurden in einem zweiten Schritt alle Branchen mit mehr als 50 MINT-Fachkräften in die Stichprobe aufgenommen, falls der «MINT-Anteil» in diesen Wirtschaftszweigen mindestens 0,5% (d.h. 1 MINT-Fachkraft auf 200 Beschäftigte) beträgt. Dieses weitere Kriterium erfüllten weitere 17 Wirtschaftszweige (mit rund 14 000 Unternehmen, 155 000 Beschäftigten und knapp 1'300 MINT-Fachkräften).
- **Schritt 3:** Besondere Verhältnisse in Branchen mit wenig Beschäftigten, aber einem hohen Anteil an MINT-Fachkräften (MINT-Anteil > 1 %) wurden im Einzelfall berücksichtigt. So wurden weitere 11 Wirtschaftszweige mit insgesamt knapp 3 000 Unternehmen, 20 000 Beschäftigten und knapp 400 MINT-Fachkräften zusätzlich in die Stichprobe aufgenommen. Aus dem Total der 272 Wirtschaftszweige mit 385 700 Unternehmen und 3,24 Millionen erwerbstätigen Personen extrahierten wir so 96 Wirtschaftszweige mit 257 300 Unternehmen (66,7 % der Unternehmen), 1,99 Mio. Beschäftigten (61,5 % aller Beschäftigten) und 58 500 MINT-Fachkräften. Diese Menge, deutlich weniger als die Hälfte aller Wirtschaftszweige und Unternehmen der Schweiz, stellt das Universum unserer Befragung dar. Da im Jahr 2000 95,7 % aller MINT-Beschäftigten in den ausgewählten Wirtschaftszweigen tätig waren¹³, ist unser Universum jedoch sehr umfassend.

Zusammenfassend kann unser Universum, das der Stichprobe zugrunde liegt, folgendermassen beschrieben werden:

- Quelle: Betriebs- und Unternehmensregister BUR des Bundesamtes für Statistik (BFS).
- Unternehmen aus den 96 Wirtschaftszweigen, die für den MINT-Arbeitsmarkt relevant sind.
- Unternehmen, die ihren Sitz in der deutschen oder französischen Schweiz haben (exkl. Tessin).
- Ohne Unternehmen, die inaktiv sind (z.B. formal-juristische Holdings).
- Ohne aktive Unternehmen mit einem Arbeitspensum von weniger als 20 Stunden pro Woche.
- Ohne «neue» Unternehmen, für welche die Anzahl Beschäftigter dem BUR noch nicht bekannt ist.

Stichprobendesign

Auch in den 96 Wirtschaftszweigen des Universums gibt es viele (vor allem kleine und mittlere) Unternehmen, die keine MINT-Fachkräfte gemäss unserer Definition beschäftigen. Bei der Stichprobenbildung liessen wir uns von der Zielsetzung leiten, mit dem uns zur Verfügung stehenden Stichprobenumfang einen möglichst hohen Anteil der beschäftigten MINT-Fachkräfte und der offenen MINT-Stellen im Universum abzudecken. Aus diesem Grund haben wir uns für eine disproportional geschichtete Stichprobe entschieden, wobei die Schichtung gemäss der Unternehmensgrösse - operationalisiert mit der Anzahl beschäftigter Personen - und einer Kennzahl erfolgte, die wir «MINT-Stärke» nennen. Die «MINT-Stärke» wurde aus drei Kennzahlen berechnet:

- Dem Rang des Wirtschaftszweigs bezüglich der **Anzahl der beschäftigten MINT-Fachkräfte**¹⁴ (Faktor 1),
- Dem Rang des Wirtschaftszweigs bezüglich dem **prozentualen Anteil an MINT-Fachkräften** an der Gesamtzahl der Beschäftigten¹⁵ (Faktor 2) und
- Dem Rang des Wirtschaftszweigs bezüglich der **Anzahl MINT-Fachkräfte pro Unternehmen**¹⁶ (Faktor 3).

Die erzielten Ränge wurden zuerst gewichtet (Faktor 1 mit 10, Faktor 2 mit 5 und Faktor 3 mit 3) und dann zur Kennzahl «MINT-Stärke» addiert. Aufgrund der so definierten MINT-Stärke wurden die in der Stichprobe verbliebenen Wirtschaftszweige in drei Gruppen eingeteilt (**Gruppe 1:** starker MINT-Bezug, **Gruppe 2:** mittlerer MINT-Bezug, **Gruppe 3:** schwacher MINT-Bezug). Die 870 Unternehmen des Universums mit 250 und mehr Beschäftigten wurden als Vollerhebung definiert, von den KMU wurden in Abhängigkeit ihrer MINT-Stärke und Unternehmensgrösse Auswahlgewichte zwischen 0,5 % (jedes 200. Unternehmen) bis zu 25 % (jedes vierte Unternehmen) festgesetzt (vgl. **Tabelle 3**).

¹² Wie in den einleitenden Worten zu diesem Abschnitt bereits angemerkt, beziehen sich die Anzahl Unternehmen und die Anzahl Erwerbstätige/MINT-Fachkräfte nicht auf das gleiche zugrundeliegende Basisjahr.

¹³ Eine Auswertung nach Berufen zeigt eine Abdeckung von 96 % für Ingenieure, 95 % für Informatiker, 97 % für exakte Wissenschaften und 95 % für andere naturwissenschaftliche Berufe.

¹⁴ Rang 1: Architektur- und Ingenieurbüros, Rang 2: Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale, Rang 3: Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie.

¹⁵ Rang 1: Architektur- und Ingenieurbüros, Rang 2: Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin, Rang 3: Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie.

¹⁶ Rang 1: Tertiärer Unterricht, Rang 2: Postdienste von Universaldienstleistungsanbietern, Rang 3: Schienenfahrzeugbau

Tabelle 3: Auswahlsätze der Stichprobe nach Unternehmensgrösse und «MINT-Stärke»

	1-5 Beschäftigte	6-9 Beschäftigte	10-49 Beschäftigte	50-249 Beschäftigte	250+ Beschäftigte
Gruppe 1 (stark)	1,5 %	5 %	5 %	25 %	100 %
Gruppe 2 (mittel)	1,0 %	4 %	4 %	20 %	100 %
Gruppe 3 (schwach)	0,5 %	2 %	2 %	10 %	100 %

Quelle: Eigene Darstellung

In der Folge haben wir aus der Gruppe 1 drei Subgruppen und aus den Gruppen 2 und 3 je zwei Subgruppen gebildet, indem wir Unternehmen aus ähnlichen Wirtschaftszweigen zu den Subgruppen zusammenfassten. Basierend auf einer derart definierten Schichtung mit 42 Schichten (7 Gruppen bestehend aus Wirtschaftszweigen, multipliziert mit 6 Unternehmensgrössenklassen) wurde vom Bundesamt für Statistik eine Zufallsstichprobe bestehend aus knapp 4 000 Unternehmen gezogen. Die Anzahl Unternehmen in den einzelnen Schichten ist in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. dargestellt¹⁷. Von dieser Stichprobe konnte – wenn unterstellt wird, dass die MINT-Beschäftigten im März 2009 über die einzelnen Wirtschaftszweige und Unternehmensgrössenklassen verteilt sind, wie von der Volkszählung 2000 nahegelegt – erwartet werden, dass sie rund 40% der in der deutsch- und französischsprachigen Schweiz beschäftigten MINT-Fachkräfte abdeckt.

Tabelle 4: Anzahl befragte Unternehmen nach Unternehmensgrösse und „MINT-Stärke“

	1-5 Beschäftigte	6-9 Beschäftigte	10-49 Beschäftigte	50-249 Beschäftigte	250+ Beschäftigte	500+ Beschäftigte	Total Unternehmen
Gruppe 1 (stark)	544	234	313	401	256	206	1952
Gruppe 2 (mittel)	335	152	167	156	99	63	972
Gruppe 3 (schwach)	296	192	192	144	148	98	1070
Total	1175	577	672	700	148	98	3994

Quelle: Eigene Darstellung

Rücklauf und Untersuchungsstichproben

In **Tabelle 5** sind die Daten zum Rücklauf und zu der Untersuchungsstichprobe nicht nur für die verschiedenen Unternehmensgrössenklassen, sondern auch für Branchen ausgewiesen. Diese Branchen wurden von uns gebildet bzw. definiert, wobei jede Branche letztendlich aus Wirtschaftszweigen gemäss der NOGA 2008 besteht. Welche der von uns definierten Branchen welche Wirtschaftszweige enthält, kann in **Tabelle 27** im Anhang 7.1 nachgelesen werden. Wir halten an dieser Stelle fest, dass wir immer dann, wenn wir von «**Branchen**» sprechen, die selbst gebildeten Gruppen bestehend aus Wirtschaftszweigen meinen, die im Anhang 7.1 definiert sind. Sprechen wir hingegen von «**Wirtschaftszweigen**», dann meinen wir damit die 272 NOGA-3-Steller.

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen drei verschiedenen Untersuchungsstichproben, die in **Tabelle 5** gesondert ausgewiesen sind:

- **Untersuchungsstichprobe I (US1):** Diese Untersuchungsstichprobe entspricht dem Rücklauf der Befragung. Sie zeigt die Anzahl antwortender Unternehmen, die bezüglich der Anzahl offener MINT-Stellen auswertbar sind. Sie umfasst 1 586 Unternehmen, was einem hohen und sehr befriedigenden Rücklauf von 41,6 % entspricht. Den hohen Rücklauf führen wir zum einen darauf zurück, dass das Thema MINT-Fachkräftemangel für die befragten Unternehmen wichtig ist, zum anderen dürfte die hohe Rücklaufquote auch ein Indiz dafür sein, dass das Design der Stichprobe erfolgreich war und die Streuverluste im Sinne von angesprochenen Unternehmen, die überhaupt keine MINT-Fachkräfte beschäftigen, tief waren. **Tabelle 5** zeigt zum einen, dass die Rücklaufquoten bezüglich der Unternehmensgrösse und bezüglich der definierten Branchen (s. **Tabelle 27** im Anhang für eine Definition derselben) keinem substantiellen Bias unterworfen sind,

¹⁷ Gemäss **Tabelle 4** umfasst die Stichprobe 3'994 Unternehmen. In dieser Stichprobe waren auch 179 Unternehmen aus dem Kanton Tessin enthalten. Aus Kostengründen (Übersetzungskosten) entschied sich die Auftraggeberin nach der Ziehung der Stichprobe dafür, nur Unternehmen aus der französisch- und deutschsprachigen Schweiz zu befragen. Aus diesem Grund hatte die Stichprobe letztlich einen Umfang von N=3 815 Unternehmen.

zum anderen zeigt sie, dass der Anteil der Unternehmen, die im März 2009 offene MINT-Stellen hatten, mit der Unternehmensgrösse zunimmt. Dies ist miteinander konsistent, da – bei gegebener Vakanzrate – auch die absolute Anzahl offener Stellen mit der Anzahl Beschäftigter zunimmt. Insgesamt hatten 18% der antwortenden Unternehmen offene MINT-Stellen. Dieser Anteil betrug bei den Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten gut 40%. Der Anteil der Unternehmen, die im März 2009 offene MINT-Stellen hatten, variiert über die verschiedenen Branchen beträchtlich. Dies kann insbesondere darauf zurückgeführt werden, dass der MINT-Anteil an der Gesamtzahl der Beschäftigten in den verschiedenen Branchen unterschiedlich hoch ist. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass die Korrelation zwischen dem Anteil der Unternehmen, die MINT-Fachkräfte beschäftigen und dem Anteil der Unternehmen, die offene MINT-Stellen haben, sehr hoch ist¹⁸.

■ **Untersuchungsstichprobe II (US2):** Nicht alle Unternehmen, welche die Anzahl offener MINT-Stellen quantifizieren konnten, waren in der Lage, die Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte anzugeben, so dass die Untersuchungsstichprobe II eine Teilmenge der Untersuchungsstichprobe I darstellt. Insgesamt waren 1 477 bzw. 93,1 % der Unternehmen der Untersuchungsstichprobe I in der Lage, die Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte anzugeben. Dieser Anteil ist über die verschiedenen Branchen ziemlich konstant, während er bei den grossen Unternehmen signifikant tiefer liegt. Dieses Resultat ist plausibel, da der Aufwand, die MINT-Fachkräfte in der Belegschaft zu identifizieren, in einem grossen Unternehmen höher ist. Auch die Ergebnisse zum Anteil der Unternehmen, die MINT-Fachkräfte beschäftigten, sind konsistent: Rund jedes zweite der antwortenden Unternehmen gibt an, im März 2009 mindestens eine MINT-Fachkraft zu beschäftigen. Der Anteil steigt erwartungsgemäss mit der Unternehmensgrösse und variiert auch beträchtlich über die verschiedenen Branchen.

■ **Untersuchungsstichprobe III (US3):** Bei der Untersuchungsstichprobe III handelt es sich um diejenigen 803 Unternehmen, die im März 2009 offene MINT-Stellen hatten und/oder mindestens eine MINT-Fachkraft beschäftigten.

¹⁸ Der Korrelationskoeffizient beträgt hohe 0.84.

Tabelle 5: Universum, Stichprobe, Untersuchungsstichprobe (Rücklauf)

Unternehmensgruppen	Dimension	Kennzahl	Unternehmensgrößenklassen (Anzahl Beschäftigte)							TOTAL	Branchen										
			1-5	6-9	10-49	50-249	KMU	250-499	>500		Bau	Metall	Elektro	Mach	Chemie	TK & IT	F & E	Finanz	Handel	VRT	
Universum, Stichprobe, Rücklauf (Untersuchungsstichprobe)																					
Total CH (exkl. Tessin)	Untern. ¹	Tsd.	297,8	38,6	40,4	7,5	384,2	0,9	0,6	385,7	52,3	7,4	3,3	2,7	2,1	11,6	0,9	7,2	67,2	34,9	
	Erwerbst. ²	Tsd.								3 238,0	252,5	78,9	125,6	87,4	77,4	78,8	16,1	200,0	220,4	127,8	
	MINT-B. ²	in %								61,16	17,9	0,8	6,7	3,3	2,6	7,9	2,1	4,1	2,8	1,1	
Universum der Befragung (U)	Untern. ¹	Tsd.	188,2	30,3	32,3	5,3	256,2	0,6	0,5	257,3	52,3	7,4	3,3	2,7	2,1	11,6	0,9	7,2	67,2	34,9	
	Erwerbst. ²	in % v. CH	63,2 %	78,7 %	80,0 %	71,2 %	66,7 %	71,7 %	75,3 %	66,7 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
	MINT-B. ²	in % v. CH								1 991,3	252,5	78,9	125,6	87,4	77,4	78,8	16,1	200,0	220,4	127,8	
	Erwerbst. ²	in % v. CH								61,5 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
	MINT-B. ²	in % v. CH								58,5	17,9	0,8	6,7	3,3	2,6	7,9	2,1	4,1	2,8	1,1	
Stichprobe der Befragung (S)	Untern. ³	Anzahl	1 097	565	610	700	2 972	487	356	3 815	702	125	213	224	164	293	51	251	446	94	
	Untern. ³	in % v. U	0,6 %	1,9 %	1,9 %	13,2 %	1,2 %	77,5 %	77,2 %	1,5 %	1,3 %	1,7 %	6,5 %	8,2 %	7,7 %	2,5 %	5,4 %	3,5 %	0,7 %	0,3 %	
Untersuchungsstichprobe I (US1): Offene MINT-Stellen³																					
Offene MINT-Stellen bekannt	Untern.	Anzahl	435	164	321	330	1 250	163	173	1 586	275	45	90	104	74	133	31	121	161	37	
	Untern.	in % von S	39,7 %	29,0 %	52,6 %	47,1 %	42,1 %	33,5 %	48,6 %	41,6 %	39,2 %	36,0 %	42,3 %	46,4 %	45,1 %	45,4 %	60,8 %	48,2 %	36,1 %	39,4 %	
Offene MINT-Stellen > 0	Untern.	Anzahl	18	12	51	66	147	56	82	285	59	6	27	26	24	47	16	21	9	5	
	Untern.	in %	4,1 %	7,3 %	15,9 %	20,0 %	11,8 %	34,4 %	47,4 %	18,0 %	21,5 %	13,3 %	30,0 %	25,0 %	32,4 %	35,3 %	51,6 %	17,4 %	5,6 %	13,5 %	
Untersuchungsstichprobe II (US2): MINT-Beschäftigte³																					
MINT-Beschäftigte bekannt	Untern.	Anzahl	429	162	314	308	1 213	130	134	1 477	267	43	81	91	62	119	24	105	154	36	
	Untern.	in % v. US1	98,6 %	98,8 %	97,8 %	93,3 %	97,0 %	79,8 %	77,5 %	93,1 %	97,1 %	95,6 %	90,0 %	87,5 %	83,8 %	89,5 %	77,4 %	86,8 %	95,7 %	97,3 %	
MINT-Beschäftigte > 0	Untern.	Anzahl	92	54	140	205	491	106	103	700	165	19	63	67	44	78	17	47	46	13	
	Untern.	in %	21,4 %	33,3 %	44,6 %	66,6 %	40,5 %	81,5 %	76,9 %	47,4 %	61,8 %	44,2 %	77,8 %	73,6 %	71,0 %	65,5 %	70,8 %	44,8 %	29,9 %	36,1 %	
Untersuchungsstichprobe III (US3): Betroffenheit durch den MINT-Fachkräftemangel³																					
Bekannt	Untern.	Anzahl	95	55	147	221	518	133	140	803	169	20	72	79	54	88	24	62	53	12	
	Untern.	in %	15,3 %	21,1 %	24,2 %	13,8 %	27,0 %	21,6 %	27,5 %	20,3 %	26,3 %	16,5 %	21,4 %	13,7 %	12,9 %	20,8 %	13,2 %	33,3 %	17,3 %	14,3 %	
MINT-Mangel im März 2009	Untern.	Anzahl	10	13	26	41	90	29	31	151	32	4	18	27	7	13	4	7	10	2	
	Untern.	in %	10,2 %	22,8 %	22,1 %	27,1 %	17,4 %	30,9 %	42,3 %	27,0 %	23,4 %	29,4 %	28,6 %	37,0 %	25,8 %	29,2 %	22,6 %	22,2 %	42,0 %	23,8 %	
Kein MINT-Mangel seit Januar 2008	Untern.	Anzahl	68	30	73	117	288	50	28	371	80	11	28	27	24	31	4	33	34	6	
	Untern.	in %	74,5 %	56,1 %	53,7 %	59,1 %	55,6 %	47,5 %	30,3 %	52,7 %	50,3 %	54,1 %	50,0 %	49,3 %	61,3 %	50,0 %	64,2 %	44,4 %	40,7 %	61,9 %	

 Quelle: ¹BFS: Volkszählung 2000, ²BFS: Betriebs- und Unternehmensregister BUR, ³BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), eigene Berechnungen

2.4.4 Gewichtung und Hochrechnung

Wie bereits erwähnt, verfolgte die Online-Unternehmensbefragung vor dem Hintergrund des Konzepts der MINT-Fachkräftelücke die beiden Hauptziele, für den März 2009 die Anzahl offener Stellen und beschäftigter Fachkräfte in den einzelnen MINT-Bereichen im Schweizer Arbeitsmarkt zu quantifizieren. Für eine solche Schätzung mussten die Angaben der antwortenden Unternehmen auf das Universum der Befragung hochgerechnet werden. Eine solche Hochrechnung bedingt eine Gewichtung der antwortenden Unternehmen. Da der Befragung eine disproportional geschichtete Stichprobe zugrunde liegt, haben wir eine Gewichtung gemäss den 42 Schichten vorgenommen, die wir im vorangehenden Abschnitt 2.4.3 vorgestellt haben. Da die Anzahl der auswertbaren Beobachtungen bezüglich der Anzahl offener MINT-Stellen (Untersuchungsstichprobe I: US1) und bezüglich der Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte (Untersuchungsstichprobe II: US2) unterschiedlich ist, wurden die Gewichtungsfaktoren jeweils gesondert für die Untersuchungsstichproben I und II gerechnet.

Bezeichnen wir mit $i = 1 \dots 42$ einen Index für die 42 Schichten, mit R_i den Rücklauf und mit U_i das Universum der i -ten Schicht, so verwendeten wir die folgende Formel zur Berechnung der Gewichtungsfaktoren w_i :

$$w_i = \frac{U_i}{R_i} \quad \forall i \in [1,42]$$

Im Gegensatz zur Hochrechnung der Anzahl offener MINT-Stellen und beschäftigter MINT-Fachkräfte beruhen die Auswertungen der Online-Befragung zu den Auswirkungen und Ursachen des MINT-Fachkräftemangels auf ungewichteten Daten.

2.4.5 Validierung

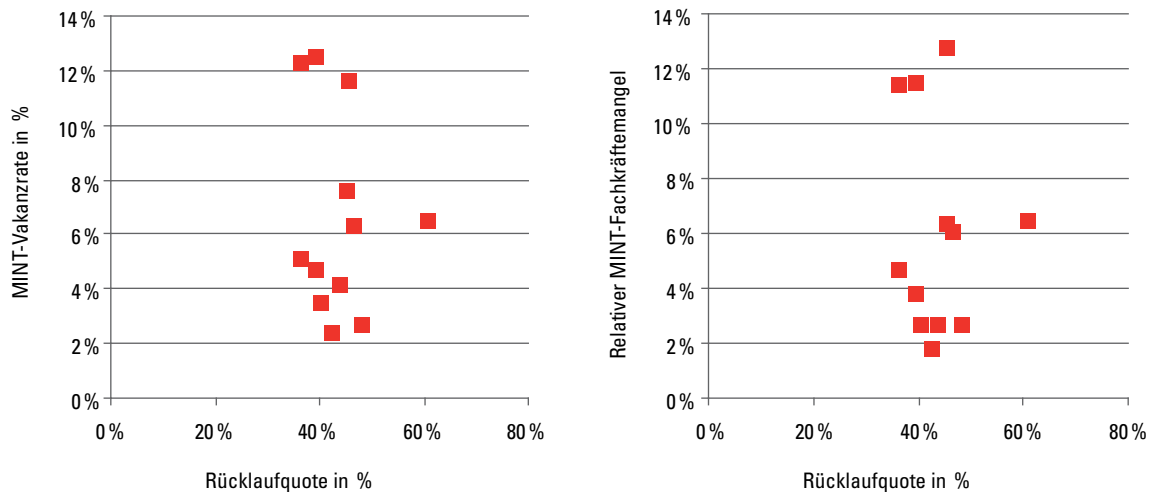
2.4.5.1 Selbstselektionsbias

Eine Befragung von Unternehmen, die nicht von allen Adressierten beantwortet wird, birgt immer die Gefahr eines Selbstselektionsbias. Ein solcher Selbstselektionsbias wäre bei unserer Befragung dann gegeben, wenn die Rücklaufquote derjenigen Unternehmen, die (viele) offene MINT-Stellen haben und überdurchschnittlich vom MINT-Fachkräftemangel betroffen sind, höher ist als die Rücklaufquote jener, die keine oder nur wenige offene MINT-Stellen haben und unterdurchschnittlich vom MINT-Fachkräftemangel betroffen sind. Einem allfälligen Selbstselektionsbias versuchten wir dadurch entgegenzuwirken, dass wir im Einladungs- und Informationsschreiben prominent hervorhoben, dass die Unternehmen auch dann antworten sollen, wenn sie keine MINT-Fachkräfte beschäftigten und/oder nicht von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen sind.

Grundsätzlich ist es nicht möglich, basierend auf den verfügbaren Daten einen Selbstselektionsbias auszuschliessen. Allerdings sprechen die folgenden drei Argumente dafür, dass unsere Ergebnisse nicht substantiell verzerrt sein sollten:

- Mit 40 % konnte eine für Unternehmensbefragungen sehr hohe Rücklaufquote realisiert werden. Grundsätzlich gilt: Je höher die Rücklaufquote, desto geringer die Verzerrung durch eine allfällige Selbstselektionsbias.
- Über 80 % der Unternehmen, die geantwortet haben, haben rapportiert, dass sie zurzeit, d.h. im März 2009 keine offenen MINT-Stellen hatten. Dieser hohe Anteil macht deutlich, dass auch sehr viele Unternehmen an der Befragung teilgenommen haben, die zum Befragungszeitpunkt nicht von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren.
- Wenn ein substantieller Selbstselektionsbias vorliegen würde, wäre zu erwarten, dass die Rücklaufquote in den verschiedenen Branchen und Unternehmensgrössenklassen mit der MINT-Vakanzquote und mit der dem relativen MINT-Fachkräftemangel in den verschiedenen Branchen und Unternehmensgrössenklassen positiv korreliert wäre. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie **Abbildung 1** zeigt. In dieser Abbildung sind MINT-Vakanzquote und relativer MINT-Fachkräftemangel (s. Abschnitt 2.3 für die Definition der Kennzahlen) der verschiedenen Branchen in einem X-Y-Diagramm gegen die Rücklaufquote abgetragen.

Abbildung 1: Korrelation der MINT-Vakanzrate und des relativen MINT-Fachkräftemangels der verschiedenen Branchen mit der Rücklaufquote



Basis: Untersuchungsstichprobe I (s. Tabelle 5)

Notation: r = Korrelationskoeffizient

Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), eigene Berechnungen

2.4.5.2 Stabilität der MINT-Meldequote

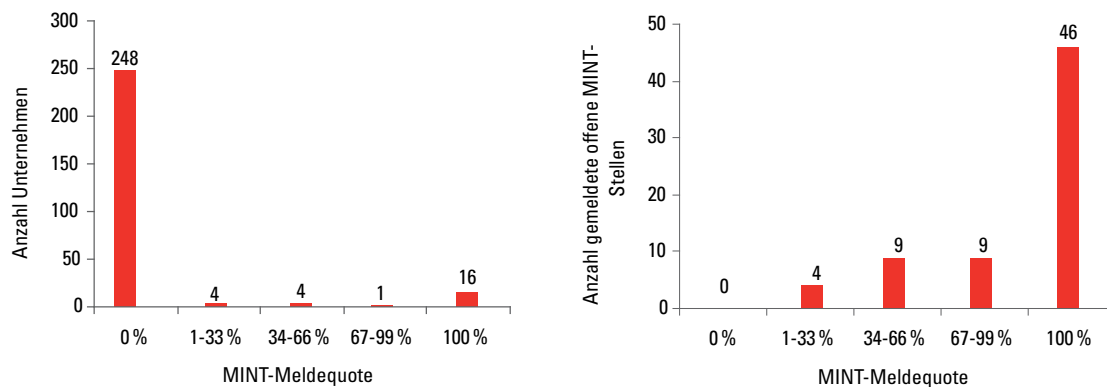
Im Abschnitt 2.2 haben wir ausgeführt, wie wir im Rahmen unseres Konzepts der MINT-Fachkräftelücke die Anzahl offener MINT-Stellen und die MINT-Fachkräftelücke für die Vergangenheit berechnen. Dabei haben wir unter anderem darauf hingewiesen, dass für die Berechnung der entsprechenden Zeitreihen die Stabilität der MINT-Meldequote angenommen werden muss.

Wir haben die Unternehmen im Rahmen der Online-Befragung zum einen bei den Fragen nach den offenen MINT-Stellen jeweils gefragt, wie viele dieser offenen MINT-Stellen sie einem RAV gemeldet oder auf deren Internetplattformen registriert haben. Zum anderen haben wir diejenigen Unternehmen, die angegeben haben, in den letzten fünf Jahren schon einmal eine offene MINT-Stellen gemeldet oder registriert zu haben, einige Fragen gestellt, die einen Rückschluss auf die Stabilität der Meldequote ermöglichen.

Abbildung 2 zeigt zum einen die Anzahl offener MINT-Stellen, welche die Unternehmen im Rahmen der Online-Befragung für den März 2009 rapportiert haben, ausgewiesen nach Klassen bezüglich der Meldequote dieser Unternehmen. Die Unternehmen haben insgesamt 1 306 offene MINT-Stellen rapportiert. 1 238 (94,8 %) dieser offene MINT-Stellen wurden nicht einem RAV gemeldet bzw. stammen von Unternehmen, deren Meldequote 0 % beträgt. Von den 68 offenen MINT-Stellen im März 2009, die einem RAV gemeldet wurden stammen 46 von Unternehmen, die eine Meldequote von 100 % aufweisen. Abbildung 2 zeigt zum anderen die Anzahl Unternehmen, die für den März 2009 im Rahmen der Online-Befragung offene MINT-Stellen rapportiert haben, wiederum ausgewiesen nach Klassen bezüglich der Meldequote derselben Unternehmen. Von den insgesamt 273 Unternehmen, die im März 2009 offene Positionen für MINT-Fachkräfte hatten, haben 249 Unternehmen überhaupt keine offene MINT-Stelle den RAVs gemeldet. 25 Unternehmen mit offenen MINT-Stellen haben Meldungen ans RAV vorgenommen, 16 davon haben alle offene MINT-Stellen dem RAV gemeldet. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Mehrheit der Unternehmen überhaupt keine oder aber alle offene MINT-Stellen einem RAV melden oder auf deren Internetplattformen kostenlos registrieren. Dieser Sachverhalt spricht grundsätzlich nicht unbedingt dafür, dass die Meldequote der Unternehmen mit der Anzahl offener MINT-Stellen bzw. mit einem allfälligen MINT-Fachkräftemangel zusammenhängen.

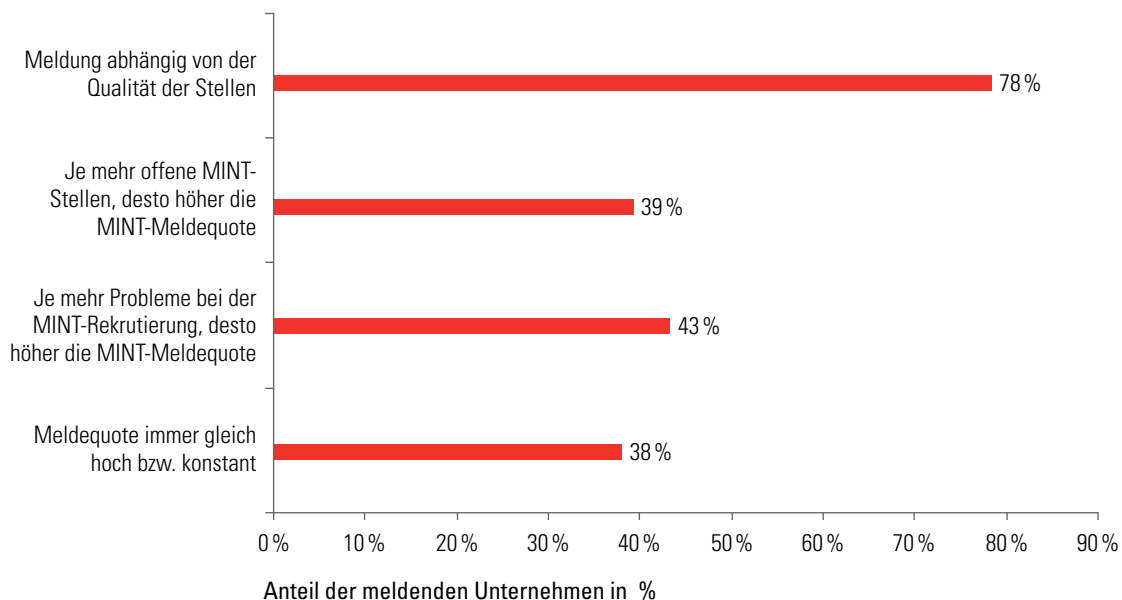
Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse zu einigen Aussagen zur Abhängigkeit der MINT-Meldequote, welche die Unternehmen mit offenen MINT-Stellen, die in den letzten 5 Jahren mindestens einmal eine offene Stelle einem RAV gemeldet haben, mit «Trifft zu», «Trifft nicht zu» oder «Weiss nicht» zu beurteilen hatten. Sie zeigt, dass die eine Hälfte der antwortenden Unternehmen eine Abhängigkeit der MINT-Meldequote von der Arbeitsmarktsituation geltend machten, während die andere Hälfte rapportiert, dass die MINT-Meldequote immer etwa gleich hoch ist.

Abbildung 2: Anzahl offener MINT-Stellen und Anzahl Unternehmen mit offenen MINT-Stellen nach Unternehmensklassen bezüglich der MINT-Meldequote



Basis: Untersuchungsstichprobe I (s. Tabelle 5)
 Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), eigene Berechnungen

Abbildung 3: Aussagen der Unternehmen zur Stabilität der Meldequote



Basis: Untersuchungsstichprobe I (s. Tabelle 5)
 Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), eigene Berechnungen

2.4.5.3 Validierung mit externen Daten

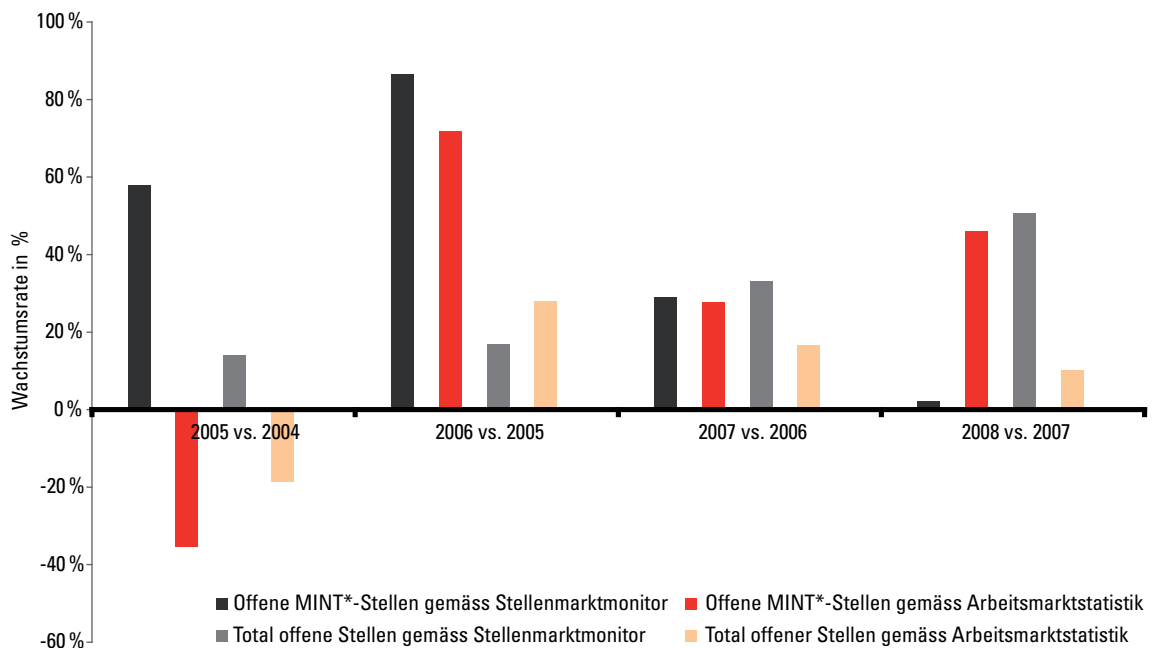
Im Abschnitt 2.2 haben wir ausgeführt, dass wir für die Periode Januar 2004 bis und mit März 2009 die monatliche MINT*-Fachkräftelücke auf der Basis der offenen MINT*-Stellen gemäss der Arbeitsmarktstatistik des SECO, für die Periode 1993 bis und mit 2003 hingegen auf Basis des jährlichen Index des Stellenmarktmonitors der Universität Zürich berechnen können. Dabei stellt sich unmittelbar die Frage, ob die Daten der beiden Quellen zu den offenen Stellen miteinander konsistent ist.

Jeweils für den Monat März liegt uns die Anzahl offener MINT*-Stellen und die Anzahl aller offenen Stellen aus zwei Quellen vor: Zum einen aus der Arbeitsmarktstatistik des SECO (registrierte offene Stellen), zum anderen aus dem Stellenmarktmonitor der Universität Zürich (inserierte offene Stellen).

In **Abbildung 4** sind die jährlichen Wachstumsraten der offenen MINT*-Stellen und des Totals der offenen Stellen gemäss den beiden Datenquellen gegeneinander abgetragen. Dabei zeigt sich, dass das grobe Bild, das die beiden Indikatoren bezüglich der Nachfrage nach Arbeitskräften zeichnen, übereinstimmt. Im Detail gibt es jedoch Differen-

zen, die wir darauf zurückführen, dass die Stichprobe des Stellenmarktmonitors mit jährlich 2 000 Inseraten relativ gering und damit einer höheren statistischen Unsicherheit unterworfen ist.

Abbildung 4: Offene Stellen im März: Stellenmarktmonitor vs. Arbeitsmarktstatistik



Quelle: Universität Zürich: Stellenmarktmonitor, SECO: Arbeitsmarktstatistik

2.5 Der MINT-Fachkräftemangel im März 2009

2.5.1 Überblick

In Tabelle 6 sind die wichtigsten Kennzahlen zum MINT-Fachkräftemangel im März 2009 dargestellt. Das Studium der Tabelle lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

- Im März 2009 gab es in der Schweiz trotz den Auswirkungen der Finanzmarktkrise auf den Arbeitsmarkt eine deutliche MINT-Fachkräftelücke: 16 097 offenen MINT-Stellen standen 2 024 stellensuchenden MINT-Fachkräften gegenüber, so dass die absolute MINT-Fachkräftelücke im März 2009 14'088 betrug. Die MINT-Fachkräftelücke muss als substantiell bezeichnet werden, da sie gemessen an den MINT-Bildungsabschlüssen im letztverfügbaren Jahr 2007 2,3 MINT-Absolventenjahrgänge¹⁹ und gemessen an der Gesamtanzahl MINT-Stellen²⁰ 7,5 % (=Fachkräftemangel in %) beträgt. 87,5% der offenen MINT-Stellen waren im März 2009 nicht durch stellensuchenden MINT-Fachkräfte abgedeckt (Fachkräftelücke in %).
- Im MINT-Bereich Bauwesen war im März 2009 die MINT-Fachkräftelücke mit 4 172 fehlenden MINT-Fachkräften besonders ausgeprägt. Sie entsprach rund 3,1 Absolventenjahrgängen, 10 % aller MINT-Stellen konnten hier - unter Berücksichtigung der entsprechenden stellensuchenden MINT-Fachkräfte - nicht besetzt werden (Fachkräftemangel in %). Der Fachkräftemangel im MINT-Bereich Bauwesen resultiert letztlich in einer sehr tiefen Arbeitslosenquote von 0.9% (Arbeitslosenquote bezügl. Gesamtmarkt: 3,4 %). Es fehlen insbesondere qualifizierte Bauingenieure und Bauingenieurinnen im Umfang von 9,1 Absolventenjahrgängen; 92,6 % der offenen Stellen, die sich an Bauingenieure/innen und

¹⁹ Wir werden im Folgenden die MINT-Fachkräftelücke unter anderem ausgedrückt in Anzahl Absolventenjahrgängen angeben. Dabei ist zu beachten, dass den Eintritten in den MINT-Arbeitsmarkt (MINT-Absolventen/innen) auch Austritte aus dem MINT-Arbeitsmarkt in Form von Pensionierungen gegenüberstehen. In Gehrig und Fritschi (2008) haben wir gezeigt, dass sich diese Eintritte und Austritte in etwa die Waage halten und die sogenannte «Ingenieurersatzrate» im Jahr 2004 1.1 betragen hat. Dies bedeutet, dass pro MINT-Fachkraft, die aus dem Arbeitsmarkt austritt, 1.1 MINT-Fachkräfte in den Arbeitsmarkt eintreten.

²⁰ Anzahl MINT-Stellen = Anzahl MINT-Beschäftigte + Anzahl offener MINT-Stellen

Gebäudetechniker/innen richten, waren im März 2009 nicht durch entsprechend qualifizierte stellensuchende Fachkräfte abgedeckt (Fachkräftelücke in %).

■ Im **MINT-Bereich Technik** war die Fachkräftelücke im März 2009 auch substantiell: Die **Lücke in der Höhe von 4 348 MINT-Fachkräften** entspricht rund 2,1 Absolventenjahrgängen, 89,9 % der offenen MINT-Stellen, die sich an Techniker/innen und Ingenieure/innen richten, waren nicht von entsprechend qualifizierten Stellensuchenden gedeckt (Fachkräftelücke in %). Der Mangel betrifft dabei insbesondere die MINT-Kategorien Elektrotechnik, Maschinentechnik und Mikrotechnik. Im **MINT-Bereich Informatik** ist die Situation vergleichbar: Die **Informatik-Fachkräftelücke** betrug im März 2009 **3 688** bzw. 81,2 %, was 2,9 Absolventenjahrgängen entspricht. Im MINT-Oberbereich Technik & IT waren – unter Berücksichtigung der entsprechend qualifizierten Stellensuchenden – im März 2009 7,3 % aller MINT-Stellen nicht besetzt (Fachkräftemangel in %). Die Arbeitslosenquote betrug nur gerade 1,3 %, wobei die Arbeitslosenquote bezüglich dem gesamten Arbeitsmarkt im März 2009 3,4 % betrug (Quelle: Arbeitsmarktstatistik des SECO).

■ Im **MINT-Bereich Chemie & Life Sciences** war die Lücke im März 2009 mit **998 fehlenden MINT-Fachkräften** zwar in absoluten Zahlen nicht besonders hoch. In einer relativen Betrachtung ist sie jedoch in den MINT-Kategorien Biotechnologie und Gesundheit substantiell. Zum einen fehlen in der MINT-Kategorie Biotechnologie MINT-Fachkräfte im Umfang von 2,4 Absolventenjahrgängen; 91,4 % der offenen Stellen in dieser Kategorie sind nicht durch entsprechend qualifizierte Stellensuchende gedeckt (Fachkräftelücke in %). Noch prekärer zeigte sich im März 2009 die Arbeitsmarktsituation in der MINT-Kategorie Gesundheit: Es fehlten Medizinaltechniker/-innen, Pharmakologen/innen und Pharmatechnologen/-innen im Umfang von 2,9 Absolventenjahrgängen; Die Fachkräftelücke in % betrug 96,4%. Der ausgeprägte Mangel an qualifizierten MINT-Fachkräften der Kategorie Chemie & Life Sciences zeigt sich letztlich in der sehr tiefen Arbeitslosigkeit von 0,9 % (Arbeitslosenquote bezügliche Gesamtmarkt: 3,4 %).

■ Auch im **MINT-Bereich Exakte Wissenschaften** gab es im März 2009 eine MINT-Fachkräftelücke. Allerdings war diese vergleichsweise moderat. Im **MINT-Bereich Geografie** gab es überhaupt keinen Fachkräftemangel.

Tabelle 6: Ausmass des MINT-Fachkräftemangels im März 2009

MINT-Bereiche	Offene MINT-Stellen ¹			Reg. offene MINT-Stellen ²	Stellen-suchende MINT-Fachkräfte ²	Bildungs-abschlüsse 2007 ⁴	Anzahl beschäftigte MINT-Fachkräfte ¹	MINT-Fachkräftelücke ³					Arbeitslosen-quote ³	Melde-quote ³
	MINT-Kategorien	PS	LB					UB	abs.	Anz. Absol.-Jahrgänge	Fachkräfte-lücke in %	Fachkräfte-mangel in %		
1 Informatik	4 544	2 751	6 337	151 ⁵	856	1 253		3 688	2,9	81,2 %				3,3 %
MINT-Bereich Informatik	4 544	2 751	6 337	151	856	1 253		3 688	2,9	81,2 %				3,3 %
2 Elektrotechnik	1 185	0	2 544	71	100	651		1 085	1,7	91,6 %				6,0 %
3 Maschinentechnik	1 024	467	1 580	44	94	601		930	1,5	90,8 %				4,3 %
4 Mikrotechnik	935	326	1 543	10	73	561		862	1,5	92,2 %				1,1 %
5 Wirtschaftsingenieurwesen	277	47	506	14	92	206		185	0,9	66,7 %				5,1 %
6 Andere aus Technik & IT	1 417	0	2 993	25	130	34		1 287	n.a.	n. a.				n.a.
MINT-Bereich Technik	4 837	2 545	7 130	164	489	2 053		4 348	2,1	89,9 %				3,4 %
MINT-Oberbereich IT & Technik	9 381	n.a.	n.a.	315	1'345	3 306	100 780	8 036	2,4	85,7 %	7,3 %	8,5%	1,3 %	3,4 %
7 Bau	2 927	1 573	4 282	41	48	318		2 879	9,1	98,4 %				1,4 %
8 Planung und Vermessung	584	0	1' 257	6	76	438		508	1,2	87,0 %				1,0 %
9 Architektur	991	189	1' 794	27	207	604		784	1,3	79,1 %				2,7 %
MINT-Bereich Bauwesen	4 503	1 762	7 333	74	331	1 360	37 332	4 172	3,1	92,6 %	10,0 %	10,8%	0,9 %	1,6 %
10 Chemie	225	82	368	5	131	223		94	0,4	41,7 %				2,2 %
11 Biotechnologie	409	88	730	0	35	156		374	2,4	91,4 %				0,0 %
12 Gesundheit	550	96	1 005	6	20	180		530	2,9	96,4 %				1,1 %
MINT-Bereich C&LS	1 184	266	2 102	11	186	559	19 887	998	1,8	84,3 %	4,7 %	5,6%	0,9 %	0,9 %
13 Geografie	43	18	68	3	58	163	5753	-15	-0,1	-35,9 %	-0,3 %	0,7%		7,0 %
14 Exakte Wissenschaften	265	153	377	15	74	385	4463	191	0,5	72,1 %	4,0 %	5,6%		5,7 %
15 Andere MINT	721	106	1 337	1	30	273	4342	691	n.a.	n.a.	n.a.	14,2%		0,1 %
MINT-Bereich Andere	1 029	277	1 781	19	162	821	14 557	882	1,1	85,7 %	5,7 %	6,6%	1,1 %	1,8 %
MINT TOTAL	16 097	11 683	20 510	419	2 024	6 046	172 557	14 088	2,3	87,5 %	7,5 %	8,5%	1,2 %	2,6 %

Notation: PS:=Punktschätzer, LB :=Untere 95 %-Konfidenzintervallgrenze (lower bound), UB:=Obere 95%-Konfidenzintervallgrenze (upper bound)

 Quelle: ¹BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), ²Arbeitsmarktstatistik des SECO, ³eigene Berechnungen mit Daten der Quellen 1 und 2, ⁴Bundesamt für Statistik: Bildungsabschlüsse (Diplome, Lizentiate, Master) auf der Stufe ISCED 5A im Jahr 2007

2.5.2 Qualifizierung der MINT-Fachkräftelücke

In Tabelle 7 sind die relevanten Kennzahlen zum MINT-Fachkräftemangel im März 2009 nach Unternehmensgrößenklassen und nach Branchen (s. Anhang 7.1 für eine Definition dieser Branchen) dargestellt. Folgende Auffälligkeiten können festgehalten werden:

- **Beschäftigte MINT-Fachkräfte:** Im März 2009 arbeiteten 64,5 % aller 173 000 beschäftigter MINT-Fachkräfte bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU: 1-249 Beschäftigte). Rund 45 000 MINT-Fachkräfte waren in der Bauwirtschaft tätig, 27 000 in der Branche «Telekommunikation & Informationstechnologie», 21 000 in der Elektroindustrie und weitere 19 000 in der Verwaltung bzw. im Bildungswesen (inkl. Hochschulen).
- **Anteil der befragten Unternehmen mit MINT-Beschäftigten:** 47,4 %, also knapp die Hälfte der befragten Unternehmen beschäftigten im März 2009 MINT-Fachkräfte. Bei den KMU waren es rund 40 %, bei den grossen Unternehmen mit mehr als 249 Mitarbeitenden beschäftigten rund 80 % der Unternehmen mindestens eine MINT-Fachkraft. Der Anteil der Unternehmen, die MINT-Fachkräfte beschäftigen, ist insbesondere in der Elektroindustrie (77,8 %), Maschinenindustrie (73,6 %), in der Branche «Chemie, Pharma, Medizin» (71,0 %) und «Forschung & Entwicklung» (70,8 %) hoch.
- **Anteil der befragten Unternehmen mit offenen MINT-Stellen:** 18 % der befragten Unternehmen hatten im März 2009 offene Stellen, die sich an MINT-Fachkräfte richten. Bei den KMU betrug der Anteil der Unternehmen mit offenen MINT-Stellen «nur» 11,8 %, bei den Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten 47,4 %, also etwa die Hälfte. Der Anteil der Unternehmen mit offenen MINT-Stellen ist insbesondere in den Branchen «Forschung & Entwicklung» (51,6 %), «Telekommunikation & Informationstechnologie» (35,3 %), «Chemie, Pharma, Medizin» (32,4 %) und in der Elektroindustrie (30,0 %) überdurchschnittlich hoch.
- **MINT-Fachkräftemangel nach Unternehmensgrösse:** Die KMU waren im März 2009 vom Fachkräftemangel überdurchschnittlich betroffen. Während sich der Anteil der KMUs an der Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte «nur» auf 64,5 % belief, betrug der Anteil an den offenen MINT-Stellen 86,3 % und der Anteil an der MINT-Fachkräftelücke 87,5 %. Dieses Faktum illustrieren insbesondere die Kennzahlen «Vakanzrate in %» und «relativer MINT-Fachkräftemangel in %»: Während kleine Unternehmen mit 1-5 Beschäftigten im März 2009 eine Vakanzrate von 15,8 % und einen relativen Fachkräftemangel von 14,9 % aufwiesen, betrug diese beiden Kennzahlen bei den Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten «nur» gerade 3,2 % bzw. 2,7 %. Geht man davon aus, dass die «natürliche MINT-Vakanzrate» 2,5 % beträgt (Annahme) kommt man sogar zum Schluss, dass die grossen Unternehmen mit mehr als 250 Unternehmen im März 2009 kaum mehr von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren. Wir sehen folgende Gründe dafür, dass die KMU stärker vom MINT-Fachkräftemangel betroffen sind als die grossen Unternehmen: Erstens muss davon ausgegangen werden, dass die Arbeitsplatzattraktivität von grossen Unternehmen gerade im Bereich MINT von Stellensuchenden höher eingeschätzt wird, als dies bei kleinen und mittleren Unternehmen der Fall ist. Dies zum einen aufgrund von formalen Kriterien (Saläre, Sozialversicherungsleistungen, Arbeitsplatzsicherheit, Karrieren-Mobilität etc.), zum anderen aufgrund von inhaltlichen Kriterien (globales Arbeitsumfeld, neueste Technologien etc.). Zweitens ist der MINT-Fachkräftemangel gerade in der Bauwirtschaft und in der Branche «Telekommunikation & Informationstechnologie» stark ausgeprägt – Branchen, in welchen der Anteil der KMUs überdurchschnittlich hoch ist. Drittens muss davon ausgegangen werden, dass die grossen Unternehmen mit entsprechenden Ressourcen in den Personalabteilungen insbesondere im Ausland wirksamer rekrutieren können als KMUs – nicht zuletzt aufgrund von positiven Skaleneffekten, die das «recruiting business» prägen.
- **MINT-Fachkräftemangel nach Branchen:** Die Branchen «Bauwirtschaft» und «Telekommunikation & Informationstechnologie» waren im März 2009 am stärksten vom MINT-Fachkräftemangel betroffen: Während sie «nur» 41,8 % aller MINT-Fachkräfte beschäftigten, betrug der Anteil dieser beiden Branchen an den offenen MINT-Stellen 66,9 %, der Anteil an der MINT-Fachkräftelücke sogar 70,1 %. Der MINT-Fachkräftemangel in % betrug in der Bauwirtschaft 11,5 %, in der Branche «Telekommunikation & Informationstechnologie» 12,8 %; in beiden Branchen war im März 2009 also – unter Berücksichtigung der stellensuchenden MINT-Fachkräften – jede 10. MINT-Stelle nicht zu besetzen. In einer relativen Betrachtung ist auch die Metallindustrie überdurchschnittlich vom Fachkräftemangel betroffen: Es fehlten zwar nur 359 MINT-Fachkräfte, diese entsprechen jedoch einem relativen MINT-Fachkräftemangel von 11,4 %. Mit einem relativen Fachkräftemangel in der Höhe von 6,1 %, 6,4 % bzw. 6,5 % waren auch die Maschinenindustrie und die beiden Branchen «Chemie, Pharma, Medizin» bzw. «Forschung & Entwicklung» überdurchschnittlich betroffen. Einzig die beiden Branchen «Elektroindustrie» und «Finanz- & Versicherungswesen» wiesen eine Vakanzrate auf, die unterhalb der angenommenen natürlichen Vakanzrate von 2,5 % liegt. Es handelt sich dabei um die beiden Branchen, deren Arbeitsmärkte von der Finanzmarktcrise und dem damit zusammenhängenden wirtschaftlichen Abschwung am stärksten tangiert wurden.

Tabelle 7: MINT-Fachkräftemangel im März 2009 nach Unternehmensgrößenklassen und Branchen

	Unternehmensgrößenklassen							TOTAL	Branchen												
	1-5B	6-9B	10-49B	50-249B	Total KMU	250-499B	>500B		Bau	Metall	Elektro	Mach	Chemie	TK & IT	F & E	Finanz	Handel	VTRT	V & B	Rest	
MINT Total: Wichtigste Kennzahlen																					
Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte	29 726	12 372	37 154	32 090	111 341	20 605	40 611	172 557	45 271	2 757	20 925	12 856	8 115	26 857	6 137	8 038	10 885	1 313	19 252	10 149	
Anzahl offener MINT-Stellen	5 584	1 463	4 331	1 596	12 974	697	1 355	15 026	6 495	386	524	868	670	3 561	426	225	594	66	843	369	
Anteil d. Untern. m. MINT-Beschäftigten ¹	21,4 %	33,3 %	44,6 %	66,6 %	40,5 %	81,5 %	76,9%	47,4 %	61,8 %	44,2 %	77,8 %	73,6 %	71,0 %	65,5 %	70,8 %	44,8%	29,9 %	36,1 %	47,3 %	20,3 %	
Anteil der Untern. m. offen. MINT-Stellen ¹	4,1%	7,3 %	15,9 %	20,0 %	11,8 %	34,4 %	47,4%	18,0 %	21,5 %	13,3 %	30,0 %	25,0 %	32,4 %	35,3 %	51,6 %	17,4%	5,6 %	13,5 %	18,9 %	4,0 %	
MINT-Vakanzrate in %	15,8 %	10,6 %	10,4 %	4,7 %	10,4 %	3,3 %	3,2%	8,0 %	12,5 %	12,3 %	2,4 %	6,3 %	7,6 %	11,7 %	6,5 %	2,7%	5,2 %	4,8 %	4,2 %	3,5 %	
MINT-Fachkräftelücke	5 244	1 869	3 824	1 392	12 330	566	1 192	14 088	5 976	359	391	835	559	3 898	424	226	542	53	539	284	
MINT-Fachkräftelücke in %	93,9 %	127,8 %	88,3 %	87,2 %	95,0 %	81,3 %	88,0%	93,8 %	92,0 %	93,1 %	74,7 %	96,3 %	83,4 %	109,5 %	99,7 %	100,5%	91,3 %	79,9 %	64,0 %	77,1 %	
Relativer MINT Fachkräftemangel in %	14,9 %	13,5 %	9,2 %	4,1 %	9,9 %	2,7 %	2,8%	7,5 %	11,5 %	11,4 %	1,8 %	6,1 %	6,4 %	12,8 %	6,5 %	2,7%	4,7 %	3,8 %	2,7 %	2,7 %	
MINT-Bereiche: Anzahl beschäftigte MINT-Fachkräfte																					
IT & Technik	13 058	4 794	21 006	18 668	57 527	14 605	29 445	100 780	12 109	2 109	19 717	12 095	2 457	25 269	661	5 688	4 047	521	9 992	5 562	
Bauwesen	11 529	4 517	10 818	4 927	31 792	1 150	3 558	37 332	29 615	482	444	161	137	0	10	642	111	746	3 811	385	
Chemie & Life Sciences	3 002	1 684	2 367	6 252	13 305	3 292	3 322	19 887	550	5	348	185	4 299	85	4 718	15	5 966	0	1 273	3 276	
Geografie	1 654	864	876	427	3 821	798	1 115	5 753	2 049	0	43	42	14	32	605	26	22	4	2 598	532	
Exakte Wissenschaften	484	63	637	485	1 670	613	2 249	4 463	557	2	241	162	807	539	124	1 072	14	0	1 122	74	
Andere MINT	0	448	1 449	1 329	3 226	146	922	4 342	391	160	132	212	401	933	20	596	724	41	456	320	
TOTAL	29 726	12 372	37 154	32 090	111 341	20 605	40 611	172 557	45 271	2 757	20 925	12 856	8 115	26 857	6 137	8 038	10 885	1 313	19 252	10 149	
MINT-Bereiche: Anzahl offener MINT-Stellen																					
IT & Technik	3 282	662	2 106	1 132	7 182	333	955	8 469	2 402	221	482	579	298	3 317	11	132	165	32	479	349	
Bauwesen	2 022	379	1 446	246	4 092	160	84	4 336	3 955	142	7	9	5	0	0	9	0	8	199	3	
Chemie & Life Sciences	0	125	661	73	0	132	134	1 124	39	0	20	0	367	0	289	3	342	0	65	0	
Geografie	89	0	0	9	98	21	14	133	20	0	0	0	0	89	11	0	0	0	11	3	
Exakte Wissenschaften	192	231	41	65	528	42	138	708	39	0	15	236	0	244	29	49	0	0	88	8	
Andere MINT	0	66	77	71	215	9	31	255	41	22	0	44	0	0	8	21	87	26	0	5	
TOTAL	5 584	1 463	4 331	1 596	12 974	697	1 355	15 026	6 495	386	524	868	670	3 561	426	225	594	66	843	369	
MINT-Bereiche: Vakanzrate in %																					
IT & Technik	20,1 %	12,1 %	9,1 %	5,7 %	11,1 %	2,2 %	3,1 %	7,8 %	16,6 %	9,5 %	2,4 %	4,6 %	10,8 %	11,6 %	1,6 %	2,3%	3,9 %	5,9 %	4,6 %	5,9 %	
Bauwesen	14,9 %	7,7 %	11,8 %	4,7 %	11,4 %	12,2 %	2,3 %	10,4 %	11,8 %	22,8 %	1,5 %	5,2 %	3,8 %	0,0 %	1,3%	0,0 %	1,0 %	5,0 %	0,7 %		
Chemie & Life Sciences	0,0 %	6,9 %	21,8 %	1,1 %	0,0 %	3,9 %	3,9 %	5,4 %	6,6 %	0,0 %	5,3 %	0,0 %	7,9 %	0,0 %	5,8 %	17,2%	5,4 %	4,9 %	0,0 %		
Geografie	5,1 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %	2,5 %	2,6 %	1,2 %	2,3 %	0,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	12,8 %	29,7%	0,0 %	0,0 %	0,4 %	0,5 %		
Exakte Wissenschaften	28,4 %	78,5 %	6,0 %	11,8 %	24,0 %	6,4 %	5,8 %	13,7 %	6,6 %	0,0 %	5,9 %	59,2 %	0,0 %	31,1 %	19,1 %	4,3%	0,0 %	7,3 %	10,2 %		
Andere MINT		12,9 %	5,1 %	5,1 %	6,2 %	5,8 %	3,2 %	5,5 %	9,5 %	12,2 %	0,0 %	17,2 %	0,0 %	0,0 %	28,7 %	3,4%	10,7 %	38,6 %	0,0 %	1,7 %	
TOTAL	15,8 %	10,6 %	10,4 %	4,7 %	10,4 %	3,3 %	3,2 %	8,0 %	12,5 %	12,3 %	2,4 %	6,3 %	7,6 %	11,7 %	6,5 %	2,7 %	5,2 %	4,8 %	4,2 %	3,5 %	

Anmerkungen: ¹Anteile in % der Anzahl Unternehmen basieren auf ungewichteten Daten
Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik des SECO, eigene Berechnungen

2.6 Entwicklung des MINT-Fachkräftemangels

Entwicklung der offenen MINT*-Stellen seit 1950

Für die Periode ab 1950 liegt uns ein jährlicher Index für die Anzahl offener Stellen des Stellenmarktmonitors der Universität Zürich vor – zum einen bezüglich aller offener Stellen, zum anderen bezüglich den MINT*-Stellen. Der jährliche Index bezieht sich jeweils auf den Monat März.

In der **Abbildung 5** ist die Entwicklung der beiden Indizes dargestellt. Da die Indizes aufgrund einer eher tiefen Stichprobe (2 000 Inserate pro Jahr bzw. pro Welle) starken Schwankungen unterworfen sind, haben wir sie als gleitende Durchschnitte der Ordnung 10 (Mittelwert von $t-9$, $t-8$, ..., t) dargestellt. Dadurch wird das Trendwachstum der Indizes besser sichtbar. In der Abbildung ist ab 1980 zusätzlich das reale jährliche Bruttoinlandprodukt (indexiert) dargestellt.

Die Entwicklung seit 1950 zeigt zum einen, dass sich die Anzahl offener MINT*-Stellen seit 1950 etwa verachtfacht hat bzw. um rund 700 % gestiegen ist. In der gleichen Periode stagnierte gemäss dem Stellenmarktindex die Anzahl offener Stellen im Gesamtarbeitsmarkt und die Anzahl der erwerbstätigen Personen stieg um 70 %. Diese Entwicklung dokumentiert den vielzitierten «skill biased technological change» (s. Abschnitt 1.3 für eine Erklärung dieses Anglizismus). Die Nachfrage nach technischem Humankapital ist seit 1950 stark angestiegen, wobei auch im Jahr 2009 noch keine Abflachung des langfristigen Trendwachstums beobachtet werden kann. Unter der Annahme einer langfristig stabilen, d.h. konstanten Vakanzquote, impliziert die Entwicklung der offenen MINT*-Stellen, dass sich seit 1950 der Anteil von MINT*-Stellen am Total aller Stellen der Schweizer Volkswirtschaft etwa verachtfacht hat.

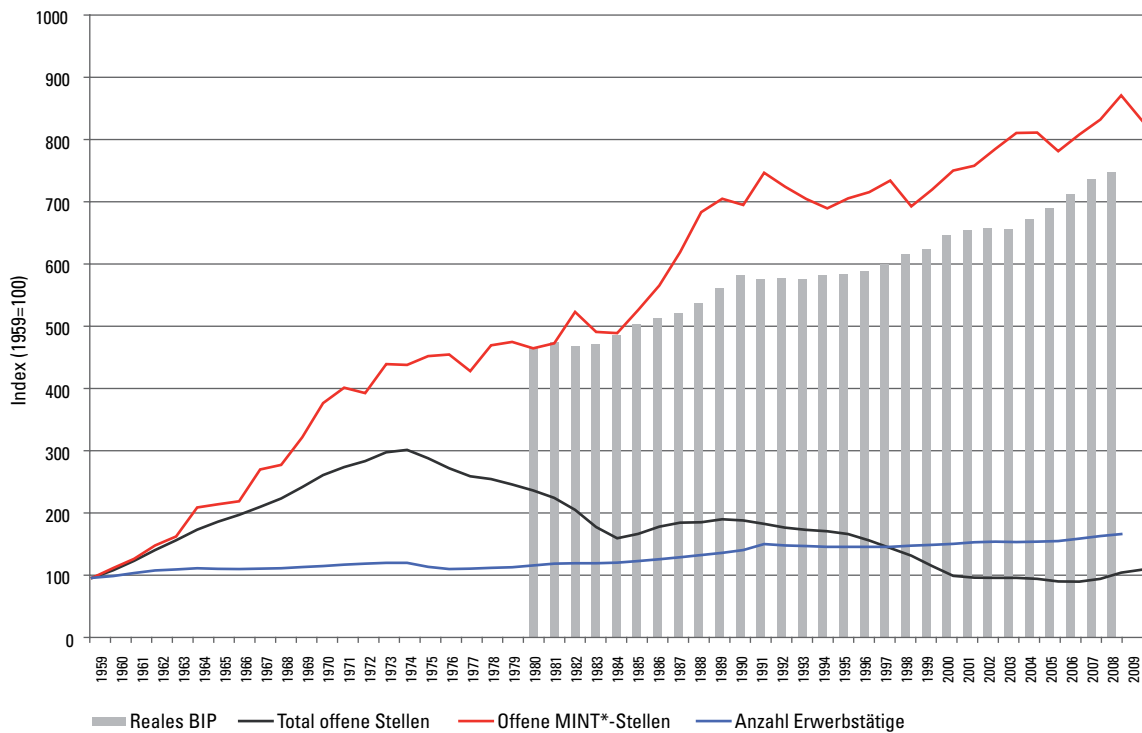
Zum anderen zeigt **Abbildung 5**, dass die Anzahl offener MINT*-Stellen seit dem Jahr 1980 mit 86,5 % noch etwas schneller gewachsen ist als das Bruttoinlandprodukt mit 60,2%. Im Kapitel 3 werden wir den Zusammenhang zwischen der Konjunktur und dem Wirtschaftswachstum auf der einen Seite und der Nachfrage nach MINT*-Fachkräften und des MINT*-Fachkräftemangels auf der anderen Seite, vertieft analysieren.

Entwicklung der MINT*-Fachkräftelücke seit 1993

Für die Periode ab 1993 verfügen wir über jährliche Daten zu der Anzahl offener MINT*-Stellen, stellensuchender MINT*-Fachkräfte sowie zur MINT*-Fachkräftelücke. Diese drei Kennzahlen sind in **Abbildung 6** dargestellt.

Die Situation des MINT*-Fachkräftemangels im Jahr 1993 war noch von der Rezession geprägt, die vom 1. Quartal 1991 bis und mit dem 2. Quartal 1993 dauerte. Die MINT*-Fachkräftelücke war trotz dem schwierigen konjunkturellen Umfeld (-1,9 % Wachstum des BIP im 1. Quartal 1993) im März 1993 positiv. Allerdings betrug die Lücke nur gerade 1 150 fehlende MINT*-Fachkräfte. Unter Berücksichtigung der Existenz einer natürlichen MINT*-Vakanzquote kann deshalb zum einen festgehalten werden, dass es auf dem Höhepunkt der Rezession zu Beginn der neunziger Jahre keinen oder nur einen schwach ausgeprägten MINT*-Fachkräftemangel gab. Zum anderen ist unter Berücksichtigung der Existenz einer natürlichen MINT*-Arbeitslosenquote festzuhalten, dass es mit nur gerade 700 stellensuchenden MINT*-Fachkräften im März 1993 sicher keinen Angebotsüberschuss an MINT*-Fachkräften gab. Die wirtschaftliche Erholung, die mit dem 3. Quartal 1993 einsetzte, führte bereits im Jahr 1994 zu einem substantiellen Wachstum der offenen MINT*-Stellen, so dass die MINT*-Fachkräftelücke bereits im März 1994 3'500 fehlende MINT*-Fachkräfte betrug. Im März 1995 betrug die MINT*-Lücke bereits über 10 000 fehlende MINT*-Fachkräfte und auf dem Höhepunkt der Boomphase um das Jahr 2000 betrug die MINT*-Fachkräftelücke teilweise über 14 000. Das Platzen der New Economy Blase im Jahr 2001 löste in der Folge eine Rezession aus, aufgrund derer sich die Lage auf dem Arbeitsmarkt für MINT*-Fachkräfte stark entspannte. Im März 2004, zum Zeitpunkt, in dem die konjunkturelle bedingte Arbeitslosigkeit ihren Höhepunkt erreichte, betrug die MINT*-Fachkräftelücke 1 540 fehlende MINT*-Fachkräfte. Mit der wirtschaftlichen Erholung, die im 4. Quartal 2003 einsetzte, wuchs die MINT*-Lücke in der Folge rasant und kontinuierlich an und erreichte im März 2008 mit über 16 000 fehlenden MINT*-Fachkräften ihren Höhepunkt. Die Finanzmarktkrise, die bereits im 3. Quartal 2008 zu einer deutlichen Abschwächung des wirtschaftlichen Wachstums führte und ab dem 4. Quartal 2008 in der Schweizer Volkswirtschaft eine Rezession auslöste, hatte einen äusserst starken Impact auf die offenen MINT*-Stellen und damit letztlich auf die MINT*-Fachkräftelücke, die sich im März 2009 gegenüber dem Vorjahresmonat (März 2008) fast halbierte. Allerdings wies die MINT*-Fachkräftelücke auch im März 2009 noch immer einen substantiellen Umfang aus.

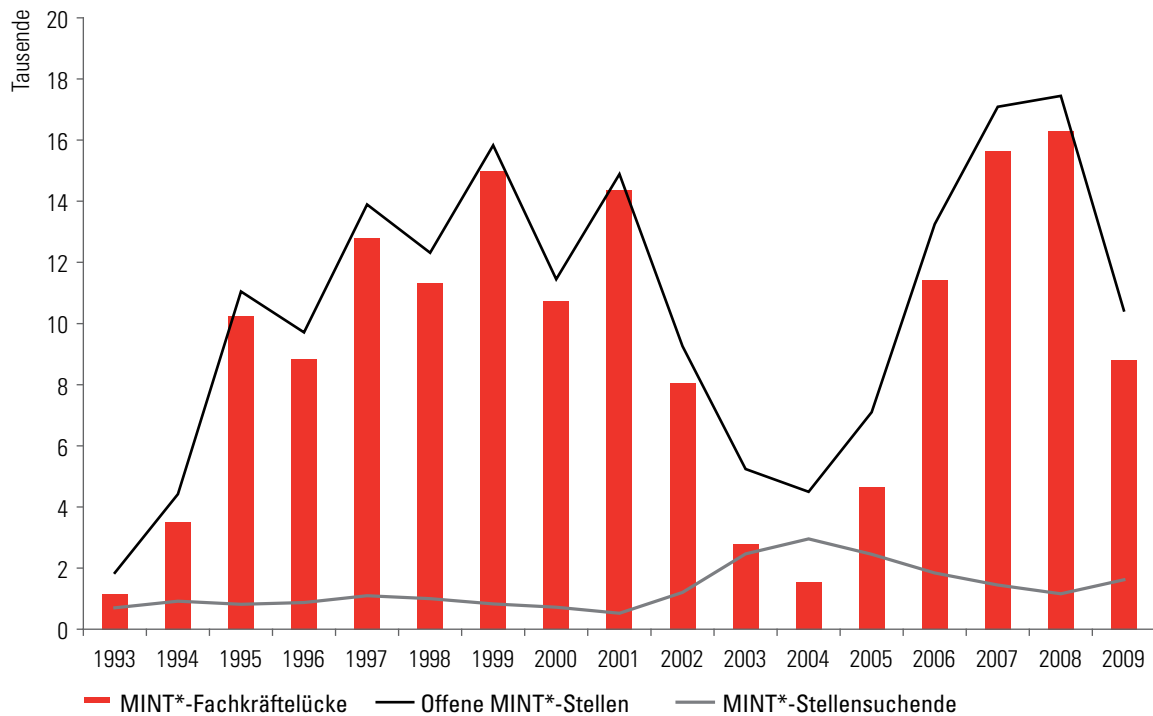
Abbildung 5: Entwicklung offener MINT*-Stellen seit 1950 (indexiert)



Anmerkungen: Offene MINT*-Stellen und Total offener Stellen: Gleitender Durchschnitt der Ordnung 10 (t-9, t-8, ..., t), Basis Index: 1959 = 100, Basis Index BIP = 467 = Index offene MINT*-Stellen im Jahr 1980.

Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik des SECO, Stellenmarktmonitor, eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Abbildung 6: Entwicklung der MINT*-Fachkräftelücke seit 1993



Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik des SECO, Stellenmarktmonitor, eigene Berechnungen, eigene Darstellung

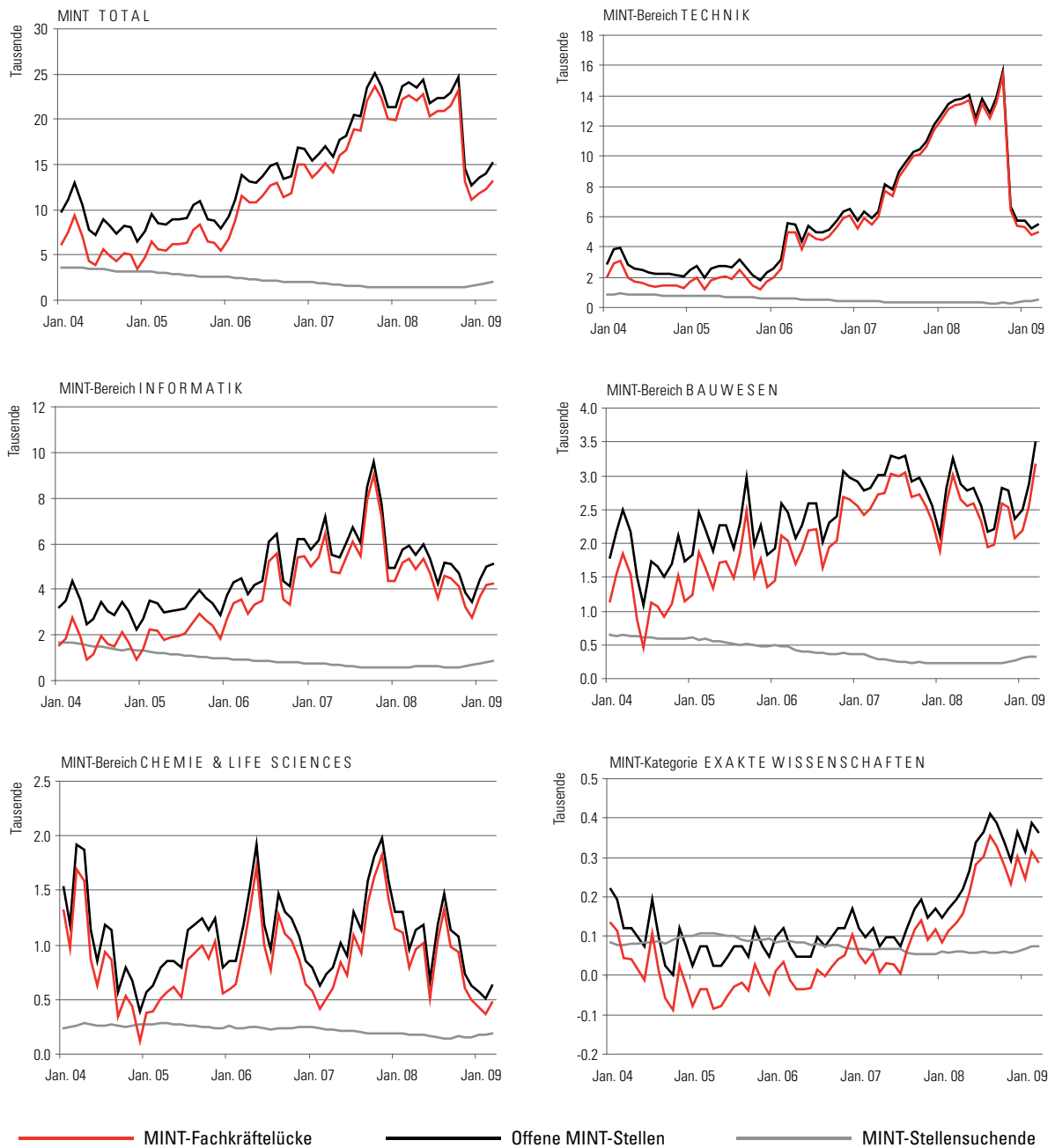
Entwicklung der MINT-Fachkräftelücken seit Januar 2004

Ab Januar 2004 können auf monatlicher Basis die relevanten Kennzahlen bezüglich den einzelnen MINT-Kategorien ausgewiesen werden. In **Abbildung 7** ist die monatliche Entwicklung der offenen MINT-Stellen, der MINT-Stellensuchenden und der MINT-Fachkräftelücke für die einzelnen MINT-Bereiche dargestellt. kann die Entwicklung der MINT-Vakanzquote und des relativen MINT-Fachkräftemangels entnommen werden. Im Gegensatz zu **Abbildung 6** beruhen die ausgewiesenen Zahlen in **Abbildung 7** und **Abbildung 5** nicht auf der engeren Definition «MINT*», sondern auf der breiteren Definition «MINT» (s. **Tabelle 2**).

Abbildung 7 und **Abbildung 8** lassen die folgenden empirischen Beobachtungen zu:

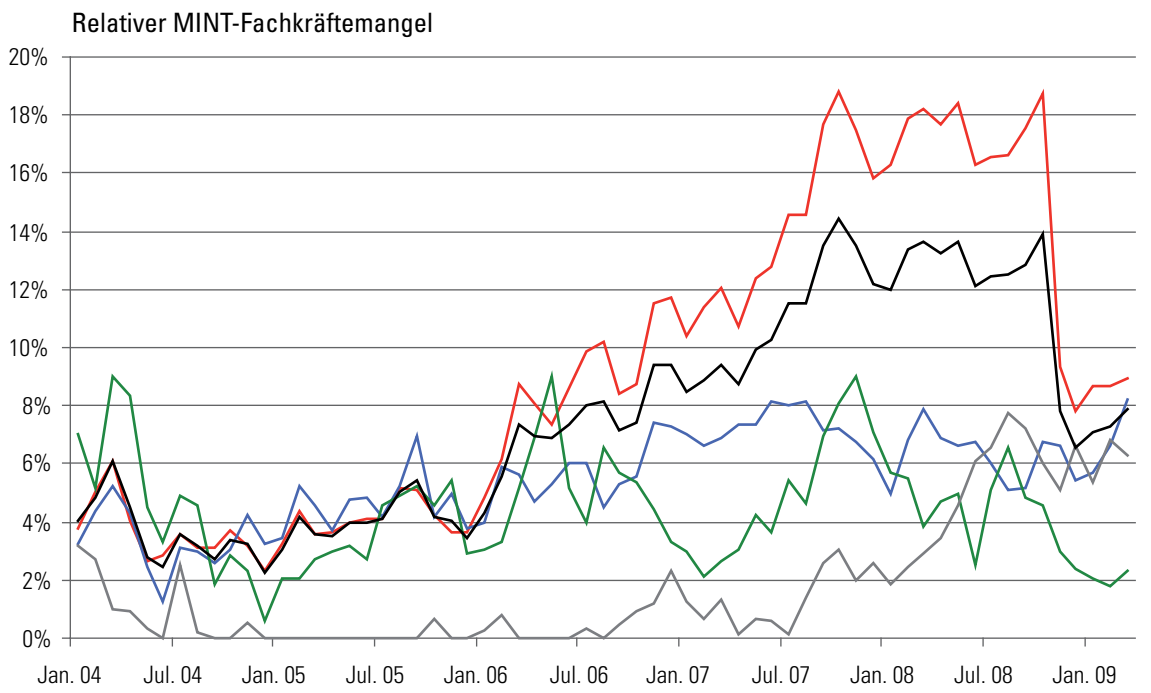
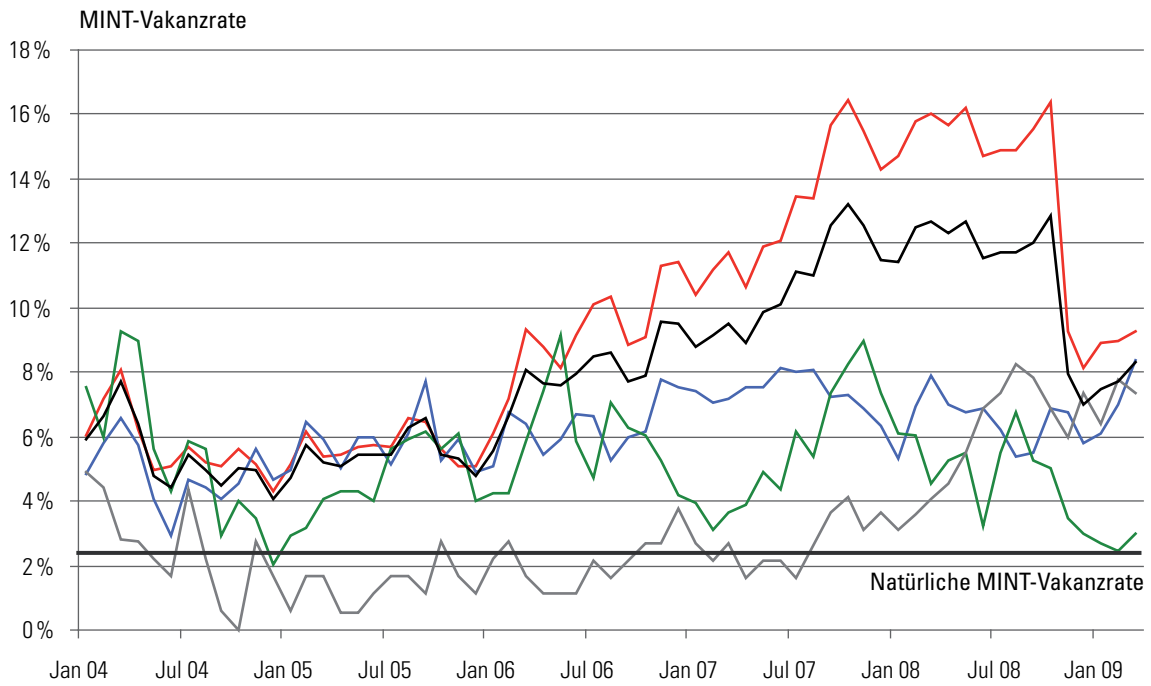
- **Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke insgesamt:** Am Ende der Rezession 2001-2003 betrug die MINT-Fachkräftelücke zu Beginn des Jahres 2004, als die Arbeitslosigkeit Höchstwerte aufwies, gut 6 000 fehlende MINT-Fachkräfte. In der Folge war eine Stagnation der MINT-Fachkräftelücke bis Ende 2005 zu beobachten. Das starke Wachstum der Schweizer Volkswirtschaft ab dem 1. Quartal 2005 wirkte sich auf die offenen Stellen für MINT-Fachkräfte erst ab dem 1. Quartal 2006 aus. Zwischen Februar 2006 und Oktober 2007 wuchs die MINT-Fachkräftelücke kontinuierlich und stark an, wobei sie im Oktober 2007 einen historischen Höchststand von 23 700 fehlenden MINT-Fachkräften erreichte. Danach stagnierte sie bis Oktober 2008 auf hohem Niveau. Die Stagnation korrespondiert mit der Tatsache, dass etwa ab diesem Zeitpunkt bekannt wurde, dass es auf dem amerikanischen Immobilienmarkt ein Problem gibt, welches das Wachstum der Weltwirtschaft substantiell tangieren könnte. Die Finanzmarktkrise holte die Realwirtschaft der Schweiz erst im 3. Quartal 2008 ein, als sich das seit 2005 hohe Wirtschaftswachstum markant auf 1,4 % absenkte. In der Folge diverser Hiobsbotschaften von den Finanzmärkten brach im Übergang von Oktober zu November 2008 die Anzahl offener MINT-Stellen innerhalb eines Monats um 59 % ein, die MINT-Fachkräftelücke sank um 56 %. Zwischen November 2008 und März 2009 stabilisierte sich die MINT-Fachkräftelücke dann auf einem Niveau von rund 14 000 fehlenden MINT-Fachkräften.
- **Entwicklung des MINT-Bereichs «Technik»:** Ab Januar 2006 stiegen die offenen Stellen des MINT-Bereichs «Technik» stark an. Das Wachstum dauerte bis in den Februar 2008 an. Ab diesem Zeitpunkt stagnierten die MINT-Fachkräftelücke des Bereichs Technik auf einem hohen Niveau von rund 14 000 fehlenden Fachkräften, wobei die Technik-Fachkräftelücke im Oktober 2008 mit 15 800 fehlenden Techniker/innen und Ingenieur/innen ihr Maximum erreichte. Im Übergang vom Oktober zum November 2008 brachen die offenen Stellen des MINT-Bereichs Technik markant, um fast 60 %, auf «nur» noch 6 400 ein. Im Vergleich zu den restlichen MINT-Bereichen reagierten die offenen Stellen des MINT-Bereichs Technik überdurchschnittlich stark auf den konjunkturellen Einbruch, da ein grosser Teil der Fachkräfte dieser MINT-Kategorie in exportorientierten Branchen tätig ist.
- **Entwicklung des MINT-Bereichs «Bauwesen»:** Der MINT-Bereich Bauwesen scheint weniger schnell und stark auf die gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen zu reagieren. Zwischen Mitte 2004 und Mitte 2007 stiegen die offenen Stellen kontinuierlich an, bis die Fachkräftelücke im August 2007 einen ersten Höchststand von 3 050 fehlenden Fachkräften annahm. Seither ist eine Stagnation zu beobachten, wobei die Volatilität – wahrscheinlich im Zusammenhang mit den Turbulenzen der Finanzmarktkrise – stark zugenommen hat. Die Rezession scheint die Bauwirtschaft noch nicht nachhaltig zu tangieren: Im März 2009 war sowohl bezüglich der offenen Stellen als auch bezüglich der Fachkräftelücke des MINT-Bereichs Bauwesen ein neuer historischer Höchststand (3 150 fehlende Fachkräfte) zu beobachten.
- **Entwicklung der MINT-Kategorie «Informatik»:** Gleich wie in den MINT-Bereichen Bauwesen und Technik wiesen die offenen Stellen und die MINT-Fachkräftelücke der MINT-Kategorie Informatik ab dem Januar 2006 ein kontinuierliches Wachstum auf, so dass die Informatik-Fachkräftelücke im Oktober 2007 mit 9 000 fehlenden MINT-Informatiker/innen einen Höchststand erreichte. Im Gegensatz zu den genannten MINT-Bereichen kam es in der MINT-Kategorie Informatik ab dem Oktober 2007 jedoch zu einer stetigen Abnahme der offenen MINT-Stellen und der MINT-Fachkräftelücke. Sie scheint sich nun auf einem Niveau von rund 4 000 fehlenden MINT-Informatiker/innen zu stabilisieren, allerdings ist ein weiterer Rückgang nicht auszuschliessen.
- **Entwicklung des MINT-Bereichs «Chemie & Life Sciences»:** Die Fachkräftelücke des MINT-Bereichs Chemie & Life Sciences zeigt seit 2004 kein klares Muster: Es ist weder ein Wachstum noch eine Reduktion der Fachkräftelücke festzustellen. Da dieser MINT-Bereich im Vergleich zu den weiter oben diskutierten Bereichen relativ klein ist, unterliegen die Zahlen einer stärkeren Volatilität.
- **Entwicklung der MINT-Kategorie «Exakte Wissenschaften»:** Auch die MINT-Kategorie Exakte Wissenschaften ist relativ klein, so dass der ersichtliche positive Trend vorsichtig interpretiert werden muss.

Abbildung 7: Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke seit Januar 2004 (I)



Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik des SECO, eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Abbildung 8: Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke seit Januar 2004 (II)



— IT & Technik — Bauwesen — C & LS — Exakte Wiss. — Total MINT

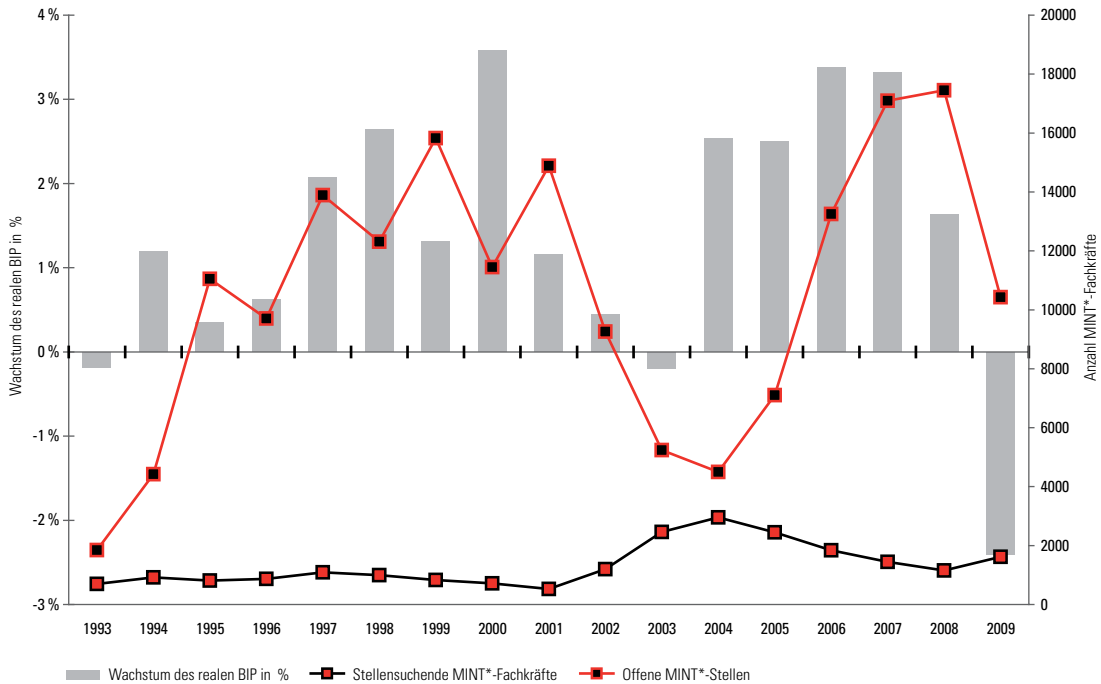
Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik des SECO, eigene Berechnungen, eigene Darstellung

3 Konjunkturelle Abhängigkeit und Prognose des MINT-Fachkräftemangels

3.1 Konjunktur und MINT-Fachkräftelücke

In **Abbildung 9** sind die Anzahl offener MINT*-Stellen und stellensuchender MINT*-Fachkräfte gegen die jährliche Wachstumsrate des realen Bruttoinlandprodukt (BIP) abgetragen. Die Differenz zwischen den offenen MINT*-Stellen und den MINT*-Stellensuchenden stellt dabei die MINT*-Fachkräftelücke dar. Die Abbildung macht intuitiv klar, dass die Anzahl offener MINT*-Stellen und die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte von der Konjunktur beeinflusst werden, wobei die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte mit einer grösseren Verzögerung (Time-Lag) als die Anzahl offener MINT*-Stellen auf konjunkturelle Veränderungen reagiert.

Abbildung 9: Entwicklung des Bruttoinlandprodukts, der offenen MINT*-Stellen und



Anmerkungen: Basis BIP: Jährliche Wachstumsrate des realen BIP in %, Basis offene MINT*-Stellen und MINT*-Stellensuchende: jeweils Monat März.
 Quelle: eigene Berechnung basierend auf Daten von: Arbeitsmarktstatistik (SECO), Stellenmarktmonitor (Universität Zürich), BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009)

Um die Qualität und Quantität des Einflusses der Konjunktur auf die MINT*-Kennzahlen zu untersuchen, haben wir auf der Basis der uns verfügbaren jährlichen Daten zwischen 1993 und 2008 ein zeitreihenanalytisches Modell gesucht, mit dessen Hilfe die Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke in Abhängigkeit der prognostizierten Konjunktur für die nächsten zwei Jahre am besten, d.h. mit einem minimalen erwarteten Prognosefehler, prognostiziert werden kann. Die Suche nach einem optimalen Modell führte schliesslich zu einem **zweidimensionalen VARX-Modell** (Vector AutoRegressive model with eXogeneous variables), das analytisch folgendermassen dargestellt werden kann:

$$\begin{pmatrix} N_t \\ A_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{t-1} \\ A_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta Y_{t-1} \\ \Delta Y_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_t \\ v_t \end{pmatrix}$$

wobei :

$$t = \text{Index für das Jahr } t \in [1993, \dots, 2008] \quad (2.4)$$

N_t = Offene MINT*-Stellen

A_t = Stellensuchende MINT*-Fachkräfte

Y_t = Reales Bruttoinlandprodukt in Millionen Franken

u_t, v_t = Normalverteilte Störterme mit Erwartungswert 0

Formel (2.4) enthält zwei (Regressions-)Gleichungen: Eine beschreibt die Anzahl offener MINT*-Stellen (Regressionsgleichung 1) und die andere die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte zu einem Zeitpunkt t (Regressionsgleichung 2) als lineare Funktion einer Konstanten, der Anzahl offener MINT*-Stellen im Vorjahr, der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im Vorjahr, der exogen determinierten Wachstumsrate des Bruttoinlandprodukts im Vorjahr (gegenüber dem Vorvorjahr) und eines sogenannten White-Noise-Störterms. Von Interesse sind das Vorzeichen und die Höhe der verschiedenen Koeffizienten, die folgendermassen interpretiert werden können:

- β_{11} : Dieser Koeffizient misst die Persistenz der offenen MINT*-Stellen und kann damit auch als Indikator für die Vakanzzeit interpretiert werden. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient zwischen 0 und 1 liegt: je höher die Anzahl offener MINT*-Stellen im Vorjahr t-1, desto höher die Anzahl im Jahr t. Liegt der Koeffizient nahe bei 1, dann ist die Persistenz sehr hoch, liegt der Koeffizient nahe bei 0, dann ist der Zusammenhang zwischen den Anzahl offener MINT*-Stellen zu den Zeitpunkten t-1 und t nicht ausgeprägt.
- β_{12} : Dieser Koeffizient misst den Zusammenhang zwischen der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im Jahr t-1 und der Anzahl offener MINT*-Stellen zum Zeitpunkt t. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient negativ ist: Wenn es im Jahr t-1 viele stellensuchende MINT*-Fachkräfte gibt, dann ist zu erwarten, dass die Anzahl offener MINT*-Stellen im Jahr t sinkt, da viele offene MINT*-Stellen mit den verfügbaren stellensuchenden MINT*-Fachkräften besetzt werden können.
- β_{21} : Dieser Koeffizient misst den Zusammenhang zwischen der Anzahl offener MINT*-Stellen im Jahr t-1 und der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im Jahr t. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient negativ ist: Je mehr offene MINT*-Stellen es im Vorjahr t-1 gibt, desto weniger stellensuchende MINT*-Fachkräfte sollte es im Jahr t geben, da diese für die Besetzung der offenen MINT*-Stellen rekrutiert werden.
- β_{22} : Dieser Koeffizient misst die Persistenz der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte und kann damit auch als Indikator für die Dauer der Arbeitslosigkeit interpretiert werden. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient zwischen 0 und 1 liegt: je höher die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräften im Vorjahr t-1, desto höher die Anzahl im Jahr t. Liegt der Koeffizient nahe bei 1, dann ist die Persistenz sehr hoch, liegt der Koeffizient nahe bei 0, dann ist die Persistenz hingegen tief.
- α_1 : Dieser Koeffizient misst den Zusammenhang zwischen der Konjunktur und der Anzahl offener MINT*-Stellen. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient grösser als 0 ist: je stärker das reale Bruttoinlandprodukt wächst, desto mehr offene MINT*-Stellen sind zu erwarten.
- α_2 : Dieser Koeffizient misst den Zusammenhang zwischen der Konjunktur und der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte. Es ist zu erwarten, dass der Koeffizient kleiner als 0 ist: Je stärker das reale Bruttoinlandprodukt wächst, desto weniger stellensuchende MINT*-Fachkräfte sollte es geben.

- **c1 und c2:** Diese Koeffizienten können nicht direkt interpretiert werden. Sie determinieren jedoch die Anzahl offener MINT*-Stellen und die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im sogenannten «steady state» mit, wenn gilt: $Y_t = Y_{t-1} = Y^*$, $A_{t-1} = A_t = A^*$, $N_{t-1} = N_t = N^*$.

In **Tabelle 8** sind die Resultate der statistischen Schätzung des VARX-Modells bzw. der beiden Regressionsgleichungen gemäss Formel (2.4) dargestellt. Die jeweils ersten Datenzeilen der beiden Regressionsgleichung geben die Schätzwerte für die Koeffizienten wieder, während die jeweils zweiten Datenzeilen den sogenannten p-Wert der geschätzten Koeffizienten ausweist. Ist dieser kleiner als 5%, so ist der Schätzwert für die Koeffizienten statistisch signifikant von Null verschieden. Das Bestimmtheitsmass R^2 ist eine Kennzahl für die Güte des Modells. Das Bestimmtheitsmass R^2 liegt zwischen 0 und 1. 0 bedeutet, dass das Modell 0%, also überhaupt nichts erklären kann, 1 hingegen, dass das Modell 100% der beobachteten empirischen Daten erklären kann.

Tabelle 8: Schätzergebnisse des VARX-Modells

Regressionsgleichung 1: $N_t = c_1 + \beta_{11}N_{t-1} + \beta_{12}A_{t-1} + \alpha_1\Delta Y_{t-1} + u_t$				
	Konstante	N_{t-1}	A_{t-1}	ΔY_{t-1}
	c_1	β_{11}	β_{12}	α_1
Koeffizient	4'028	0.35	-0.26	0.54
p-Wert	17.1%	12.4%	82.1%	-0.7%
Bestimmtheitsmass $R^2 = 0.851$				
Regressionsgleichung 2: $A_t = c_2 + \beta_{21}N_{t-1} + \beta_{22}A_{t-1} + \alpha_2\Delta Y_{t-1} + v_t$				
	Konstante	N_{t-1}	A_{t-1}	ΔY_{t-1}
	c_2	β_{21}	β_{22}	α_2
Koeffizient	425	0.03	0.89	-0.07
p-Wert	-32.9%	-42.2%	0.0%	-1.4%
Bestimmtheitsmass $R_2 = 0.855$				

Quelle: eigene Berechnungen

Die Ergebnisse legen die folgenden Zusammenhänge offen:

- **β_{11} – Persistenz der Anzahl offener MINT*-Stellen:** Das Vorzeichen des Koeffizienten β_{11} ist wie erwartet positiv: Steigt die Anzahl offener MINT*-Stellen im Jahr t-1, erhöht sich auch die Anzahl offener MINT*-Stelle im Jahr t. Die Persistenz ist mit $\beta_{11} = 0,46$ jedoch relativ tief. Dies kann letztlich darauf zurückgeführt werden, dass die Volatilität der Anzahl offener MINT*-Stellen sehr hoch ist, was allenfalls auch mit der Schätzung der Anzahl offener MINT*-Stellen auf der Basis des Stellenmarktmonitors zusammenhängt.
- **β_{12} – Einfluss der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte auf die Anzahl offener MINT*-Stellen:** Das Vorzeichen des Koeffizienten ist wie erwartet negativ: Gibt es im Jahr t-1 viele stellensuchende MINT*-Fachkräfte, dann wirkt sich das auf das Jahr t dahingehend aus, dass diese Anzahl offener MINT*-Stellen sinkt, da zur Besetzung derselben viele MINT*-Stellensuchende zur Verfügung stehen.
- **β_{21} – Einfluss der Anzahl offener MINT*-Stellen auf die Anzahl MINT*-Stellensuchender:** Der geschätzte Koeffizient ist nicht wie erwartet negativ, sondern positiv. Allerdings ist der Koeffizient nicht statistisch signifikant von Null verschieden, so dass festgehalten werden kann, dass keine Wirkung der Anzahl offener MINT*-Stellen des Vorjahres t-1 auf die Anzahl MINT*-Stellensuchender im Jahr t nachgewiesen werden konnte.
- **β_{22} – Persistenz der Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte:** Das Vorzeichen des Koeffizienten β_{22} ist wie erwartet positiv: Steigt die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im Jahr t-1, wirkt sich dies negativ auf die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte im Jahr t aus. Die Persistenz ist mit $\beta_{22} = 0,885$ sehr hoch. Dies impliziert, dass sich die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte kurzfristig, d.h. innerhalb eines Jahres, nicht substantiell verändern kann. Der Effekt ist statistisch signifikant von Null verschieden.
- **α_1 – Wirkung der Konjunktur auf die offenen MINT*-Stellen:** Wie erwartet wirkt sich die Konjunktur positiv auf die Anzahl offener MINT*-Stellen aus: Wenn das Bruttoinlandprodukt im Jahr t-1 gegenüber dem Jahr t-2 wächst, dann wirkt

sich das auf das Jahr t dahingehend aus, dass die Anzahl offener MINT*-Stellen steigt. Der Effekt ist dabei stark ausgeprägt und statistisch signifikant von Null verschieden.

■ α_2 – **Wirkung der Konjunktur auf die MINT*-Stellensuchenden:** Auch die Wirkung der Konjunktur auf die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte ist statistisch signifikant von Null verschieden und das Vorzeichen ist wie erwartet negativ: Wenn das Bruttoinlandprodukt im Jahr t-1 gegenüber dem Jahr t-2 steigt, dann wirkt sich das auf das Jahr t dahingehend aus, dass die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte sinkt. Der Effekt ist dabei stark ausgeprägt und statistisch signifikant von Null verschieden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein starker Effekt der Konjunktur auf die Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräfte und auf die Anzahl offener MINT*-Stellen nachgewiesen werden konnte. Grundsätzlich ist aufgrund von ökonomischen Überlegungen zu erwarten, dass der Wirkungszusammenhang zwischen der MINT*-Fachkräftelücke und der Konjunktur interdependent ist. Die Interdependenz ist dabei dahingehend zu verstehen, dass es nicht nur eine Wirkung der Konjunktur auf den MINT*-Fachkräftemangel gibt, sondern auch umgekehrte Wirkungsrichtung von der MINT*-Fachkräftelücke auf den wirtschaftlichen Output, operationalisiert mit dem Bruttoinlandprodukt. Aufgrund dieser Überlegung werden wir im Kapitel 4 den ökonomischen Wertschöpfungsverlust abschätzen, der kausal auf die MINT*-Fachkräftelücke zurückgeführt werden kann. Diese umgekehrte Wirkungsrichtung konnten wir mit unseren Daten jedoch nicht nachweisen. Aus diesem Grund haben wir uns letztlich für ein zweidimensionales VARX-Modell entschieden, in welchem die Konjunktur wie in Formel (2.4) als exogen gegeben modelliert wird, und nicht für ein dreidimensionales VAR-Modell, in dem die Konjunktur endogen mitmodelliert wird.

Basierend auf den erzielten Schätzwerten gemäss **Tabelle 8** kann nun berechnet (und prognostiziert) werden, wie hoch die MINT*-Fachkräftelücke bei verschiedenen Wachstumsraten des realen Bruttoinlandprodukts ausfällt. In **Tabelle 9** ist dargestellt, mit welcher Anzahl offener MINT*-Stellen, stellensuchender MINT*-Fachkräfte und mit welcher MINT*-Fachkräftelücke BIP-Wachstumsraten von 0 %, 1 % und 2 % im analysierten Zeitraum korrespondierten. Sie zeigt, dass eine Wachstumsrate des realen Bruttoinlandprodukts in der Höhe von 2% eine MINT-Fachkräftelücke im Umfang von rund 12 000 MINT-Fachkräften impliziert. Geht man davon aus, dass der langfristige Wachstumspfad der Schweizer Volkswirtschaft mit einer BIP-Wachstumsrate von 2 % beschrieben werden kann (2% entspricht dem arithmetischen Mittel der Wachstumsrate des realen BIPs in den Jahren 1999-2008), dann kann diese MINT*-Fachkräftelücke als struktureller MINT-Fachkräftemangel interpretiert werden. Insofern kann als wichtige Erkenntnis der vorliegenden Studie festgehalten werden, dass es in der Schweiz erstens einen strukturellen Fachkräftemangel gibt und dieser strukturelle Mangel zweitens einen Umfang von 12 000 fehlenden MINT-Fachkräften aufweist. Drittens ist darauf hinzuweisen, dass die MINT-Fachkräftelücke auch bei einem tiefen Wirtschaftswachstum in der Höhe von 1 % mit 6 000 fehlenden Arbeitskräften substantiell ist.

Tabelle 9: MINT*-Fachkräftelücke in Abhängigkeit der Konjunktur

	Wachstums des realen Bruttoinlandprodukts in %		
	0 %	1 %	2 %
Anzahl offener MINT*-Stellen	4 275	8 319	12 363
Anzahl stellensuchender MINT*-Fachkräftelücke	4 683	2 491	299
MINT*-Fachkräftelücke	-408	5 828	12 064

Quelle: Eigene Berechnungen

Im Rahmen der Online-Unternehmensbefragung (s. Abschnitt 2.4) haben wir den Unternehmen 4 Fragen gestellt, die einen Rückschluss der Konjunktur auf den MINT-Fachkräftemangel zulassen:

- Erstens haben wir diejenigen Unternehmen, die im März 2009 offene MINT-Stellen hatten, im Rahmen einer geschlossenen Frage gefragt, wie sich die Anzahl offener MINT-Stellen seit dem 1. Quartal 2009 verändert hat.
- Dieselben Unternehmen haben wir zweitens gefragt, ob sie aufgrund der Finanzmarktkrise in den letzten 6 Monaten eine offene MINT-Stellen gestrichen bzw. auf die Besetzung einer solchen verzichtet haben.
- Drittens haben wir diese Unternehmen gefragt, welche Veränderung der Anzahl offener MINT-Stellen sie in den nächsten 12 Monaten erwarten.

- Viertens haben wir diejenigen Unternehmen, die seit dem Januar 2008 mindestens einmal von einem MINT-Fachkräftemangel betroffen waren, gefragt, ob sie der Ansicht sind, dass es sich beim MINT-Fachkräftemangel um ein rein konjunkturelles und kein strukturelles Phänomen handelt.
 - Die Ergebnisse zu diesen Fragen sind in **Tabelle 10** dargestellt:
 - **Veränderung offener MINT-Stellen seit dem 1. Quartal 2008:** Gemäss den Antworten der Unternehmen reduzierte sich die Anzahl offener MINT-Stellen im März 2009 gegenüber dem 1. Quartal 2008 um 37,5 %. Dieser Wert ist mit der Veränderung gemäss der von uns berechneten monatlichen Zeitreihe der offenen MINT-Stellen (s. Abschnitt 2.6) sehr konsistent. Denn gemäss unseren Berechnungen betrug die Veränderung der offenen MINT-Stellen gegenüber dem 1. Quartal 34,3 %. Der Rückgang war in der Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM-Industrie) mit einem Minus von rund 50% am ausgeprägtesten. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die MEM-Industrie stark exportorientiert ist und deshalb sehr stark auf Veränderungen des globalen Konjunkturklimas reagiert.
 - **Verzicht auf Besetzung offener MINT-Stellen aufgrund der Finanzkrise in den letzten 6 Monaten:** 15,2 % der Unternehmen mit offenen MINT-Stellen im März 2009 und der Unternehmen, die seit Januar 2008 mindestens einmal unter dem MINT-Fachkräftemangel zu leiden hatten, haben aufgrund der Finanzkrise offene MINT-Stellen gestrichen bzw. auf die Besetzung derselben verzichtet. Am höchsten ist dieser Anteil erwartungsgemäss in der Branchen «Finanz- und Versicherungswesen» (23,8 %). Bei den ganz kleinen Unternehmen mit 1-9 Beschäftigten war dieser Anteil mit 5,6 % bis 8,3 % besonders tief. Dies dürfte zum einen darauf zurückzuführen sein, dass die Auswirkungen der Finanzmarktkrise auf die grossen Unternehmen bisher stärker war, zum anderen darauf, dass die Anzahl offener MINT-Stellen bei den kleinen Unternehmen keine stetige Variable darstellt, sondern eine dichotome Variable: Entweder gibt es eine offene MINT-Stelle oder aber keine. Dass sich der konjunkturelle Einbruch nicht nur auf die offenen MINT-Stellen auswirkt, sondern auch auf die Betroffenheit der Unternehmen durch den MINT-Fachkräftemangel, zeigt die Tatsache, dass die Kennzahl «Mangelbetroffenheit (in %)» der Unternehmen, die in den letzten 6 Monaten MINT-Stellen gestrichen haben, nur gerade 11 % beträgt, während die Mangelbetroffenheit von denjenigen Unternehmen, die aufgrund der Finanzmarktkrise keine offenen MINT-Stellen gestrichen haben, mit 16 % signifikant höher liegt.
 - **Erwartete Veränderung der Anzahl offener MINT-Stellen in den nächsten 12 Monaten:** Die Unternehmen, die im März 2009 offene MINT-Stellen hatten, erwarten konjunkturell bedingt einen weiteren Rückgang der Anzahl offener MINT-Stellen von knapp -20 % in den nächsten 12 Monaten. Auffallend ist, dass die Erwartungen der Bauwirtschaft für die nächsten 12 Monate vergleichsweise optimistisch sind. Die Unternehmen der Baubranche erwarten in den nächsten 12 Monaten nur gerade einen Rückgang der offenen MINT-Stellen im Umfang von -12,3 %. Bereits im Abschnitt 2.6 haben wir gesehen, dass der Rückgang des MINT-Fachkräftemangels seit Oktober 2008 vergleichsweise moderat war. Die stark binnenwirtschaftlich orientierte Bauwirtschaft scheint weniger stark oder weniger schnell auf die konjunkturellen Veränderungen zu reagieren. Besonders düster sind die Erwartungen in der Elektroindustrie (-34,6 %), in der Branche Chemie, Pharma, Medizin (-39,1 %) und im Finanz- und Versicherungswesen (-50 %) – Branchen, die zum einen stark im Export tätig sind und zum anderen zu den Schlüsselmärkten der Schweizer Volkswirtschaft gehören. Die erwartete Veränderung fällt bei den grossen Unternehmen wiederum negativer aus als bei den kleinen Unternehmen mit 1-49 Beschäftigten. Die Erwartungen machen deutlich, dass die Anzahl offener MINT-Stellen weiter abnehmen wird, was mit unseren Prognosen, die wir im Abschnitt 3.4 präsentieren, konsistent ist.
 - **Struktureller Charakter des MINT-Fachkräftemangels:** Die Unternehmen, die seit Januar 2008 mindestens einmal vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren, sind der Ansicht, dass der MINT-Fachkräftemangel nicht ein rein konjunkturelles Phänomen darstellt, sondern auch struktureller Natur ist. Diese Einschätzung der Unternehmen ist mit unserer Analyse zwischen Konjunktur und MINT-Fachkräftemangel konsistent. Denn weiter oben haben wir eine strukturelle Lücke von rund 10 000 fehlenden MINT-Fachkräften identifiziert.
- Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Einschätzungen der Unternehmen zum Zusammenhang zwischen MINT-Fachkräftemangel und Konjunktur mit den Erkenntnissen unserer Analyse konsistent sind.

Tabelle 10: Einfluss der Konjunktur auf den MINT-Fachkräftemangel aus der Sicht der Unternehmen

	Veränderung der Anzahl offener MINT-Stellen im März 2009 gegenüber dem 1. Quartal 2008	Verzicht auf Besetzung offener MINT-Stellen in den letzten 6 Monaten aufgrund der Finanzmarktkrise	Erwartete Veränderung der Anzahl offener MINT-Stellen in den nächsten 12 Monaten	Der MINT-Fachkräftemangel ist nur ein konjunkturelles und kein strukturelles Phänomen. Die erwartete wirtschaftliche Abkühlung wird den MINT-Fachkräftemangel vollständig verschwinden lassen.
	N = 432 ¹	N = 290 ²	N = 290 ²	N = 383 ³
	Ø-Veränderung in %	in % der Unternehmen	Ø-Veränderung in %	Index ⁴
1-5 Beschäftigte	-23,5 %	5,6 %	-5,6 %	-0,48
6-9 Beschäftigte	-42,8 %	8,3 %	36,4 %	-0,30
10-49 Beschäftigte	-32,3 %	13,7 %	-4,0 %	-0,46
50-249 Beschäftigte	-47,1 %	14,1 %	-28,6 %	-0,51
250-499 Beschäftigte	-40,4 %	19,6 %	-21,8 %	-0,46
> 500 Beschäftigte	-33,8 %	18,3 %	-28,8 %	-0,39
Total	-37,5 %	15,2 %	-18,7 %	-0,44
Bauwirtschaft	-32,8 %	6,8 %	-12,3 %	-0,45
Metallindustrie	-50,0 %	16,7 %	0,0 %	-0,31
Elektroindustrie	-49,8 %	23,1 %	-34,6 %	-0,37
Maschinenindustrie	-55,0 %	23,1 %	-24,0 %	-0,34
Chemie, Pharma, Medizin	-37,0 %	20,8 %	-39,1 %	-0,61
Telekommunikation & Informationstechnologie	-20,9 %	19,6 %	-12,8 %	-0,53
Forschung & Entwicklung	-19,8 %	18,8 %	0,0 %	-0,45
Finanz- und Versicherungswesen	-36,9 %	23,8 %	-50,0 %	-0,65
Handel	-49,2 %	22,2 %	0,0 %	-0,37
Verkehr, Transport, Reisen, Tourismus	-29,2 %	0,0 %	-20,0 %	-0,25
Verwaltung & Bildung	-39,1 %	3,2 %	-17,2 %	-0,32
Rest	-43,0 %	14,3 %	15,4 %	-0,50

Anmerkungen: ¹Basis: Unternehmen mit offenen MINT-Stellen im März 2009 (s. Untersuchungsstichprobe I in **Tabelle 5**) und Unternehmen, die im Jahr 2008, nicht jedoch im März 2009 vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren (s. Untersuchungsstichprobe III in **Tabelle 5**)²Basis: Unternehmen mit offenen MINT-Stellen im März 2009 (s. Untersuchungsstichprobe I in **Tabelle 5**), ³Basis: Unternehmen, die seit Januar 2008 mindestens einmal vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren (s. Untersuchungsstichprobe III in **Tabelle 5**), ⁴Antwortitems: Stimme voll zu (=1), Stimme eher zu (0,5), Stimme eher nicht zu (-0,5), Stimme überhaupt nicht zu (-1)

Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009)

3.2 MINT-Fachkräftelücke und MINT-Einwanderung

Unsere Operationalisierung (s. Abschnitt 2.2) des Konzept der MINT-Fachkräftelücke (s. Abschnitt 2.1) impliziert einen national abgrenzbaren Schweizer MINT-Arbeitsmarkt. Diese vereinfachende Annahme dürfte bezüglich der Nachfrage nach MINT-Fachkräften unproblematisch sein, da die erdrückende Mehrheit der offenen MINT*-Arbeitsplätze der Schweizer Unternehmen im Gebiet der Eidgenossenschaft lokalisiert sind. Bezüglich dem Angebot an MINT-Fachkräften dürfte die Annahme eines national abgrenzbaren Schweizer MINT-Arbeitsmarktes jedoch dahingehend verletzt sein, dass es eine substantielle Einwanderung von MINT-Fachkräften gibt. Obwohl es sicherlich auch eine Auswanderung von Schweizer MINT-Fachkräften gibt, spielt diese vor dem Hintergrund unserer Operationalisierung des MINT-Angebots keine Rolle, da über die RAVs sichergestellt ist, dass die stellensuchenden MINT-Fachkräfte, die in der Arbeitsmarktstatistik figurieren, dem Schweizer Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen.

In **Tabelle 11** sind die relevanten Daten zur Einwanderung von MINT-Fachkräften dargestellt. Sie basierend auf dem Zentralen Ausländerregister ZAR des Bundesamt für Migration (BFM). Folgende datentechnische Hinweise erachten wir für die Interpretation der Ergebnisse als wichtig:

- Die Daten beziehen sich nur auf die Einwanderung von **erwerbstätigen** Personen der ständigen und nicht-ständigen Wohnbevölkerung (Aufenthalt unter einem Jahr). Grenzgänger/innen sind nicht abgedeckt.²¹
- Die Berufe der eingewanderten Erwerbspersonen liegen uns nur aggregiert für die einzelnen 5stelligen Berufsgruppen der internationalen Nomenklatur **ISCO 88** («International Standard Classification of Occupations») vor. Eine Abbildung der MINT-Kategorien ist deshalb **nur approximativ** und dies nur für ausgewählte MINT-Kategorien möglich.
- Die Information zur **höchsten abgeschlossenen Ausbildung** der eingewanderten Erwerbspersonen bzw. MINT-Fachkräften ist **nicht** verfügbar. Für die 5stelligen Berufsgruppen der ISCO88-3Steller «453 Berufe der Naturwissenschaften» und «291 Ingenieurberufe» dürfte dies kein Problem darstellen, da davon ausgegangen werden kann, dass Personen in Berufen aus diesen beiden Berufsgruppen mindestens einen Bildungsabschluss der Stufe ISCED 5A haben. Für die Berufsgruppe «333 Berufe der Informatik» hingegen, dürfte eine Überschätzung der Anzahl eingewandeter MINT-Informatiker/innen resultieren, da in der Realität nicht alle eingewanderten Personen dieser Berufsgruppe über einen ISCED-5A-Bildungsabschluss verfügen (vgl. Abschnitt 2.2).

Tabelle 11 zeigt, dass die Einwanderung von MINT-Fachkräften nach 2000 zunächst sank und dann zwischen dem Jahr 2003 und 2007 stark angewachsen ist: von 4 841 eingewanderten MINT-Fachkräften im Jahr 2003 auf 9 364 im Jahr 2007, was einer Steigerung von 93 % entspricht. In der gleichen Zeit hat die Einwanderung bezüglich dem Total aller Erwerbstätigen «nur» gerade um 8,7 % zugenommen – von 162 990 im Jahr 2003 auf 177 142 im Jahr 2007. Im Jahr 2008 ist die Einwanderung von MINT-Fachkräften gegenüber dem Vorjahr dann um -8,5 % (Total Erwerbstätige: -5,0 %) gefallen.

Die Korrelation der MINT-Einwanderung mit der MINT-Fachkräftelücke ist stark ausgeprägt, wie **Abbildung 10** und **Abbildung 11** zeigen. **Abbildung 10** zeigt im Rahmen eines X-Y-Diagramms den Zusammenhang zwischen dem Wachstum der MINT-Fachkräftelücke (X-Achse) und dem Wachstum der MINT-Einwanderung zwischen den Jahren 2004 und 2007. Die einzelnen Datenpunkte stellen dabei die verschiedenen MINT-Kategorien dar. Auf den ersten Blick fällt der positive Zusammenhang zwischen MINT-Einwanderung und MINT-Fachkräftelücke auf: Je stärker die MINT-Fachkräftelücke zwischen 2004 und 2007 gewachsen ist, desto stärker hat die MINT-Einwanderung zugenommen.

Abbildung 11 zeigt den Zusammenhang zwischen der jährlichen Veränderung der MINT*-Fachkräftelücke und der jährlichen Veränderung der MINT*-Einwanderung. Der positive Zusammenhang zwischen der MINT*-Einwanderung und der MINT*-Fachkräftelücke ist unmittelbar erkennbar: Je stärker die MINT*-Fachkräftelücke in einem Jahr zugenommen hat, desto stärker nimmt auch die MINT*-Einwanderung in diesem Jahr zu.

²¹ Obwohl keine Detaildaten dazu vorliegen, ist davon auszugehen, dass sie keine grosse Gruppe darstellen, da der MINT-Fachkräftemangel in den angrenzenden Regionen ähnlich ausgeprägt ist und deren Wirtschaft sich in den wertschöpfungsintensiven Branchen ebenfalls stark entwickelt.

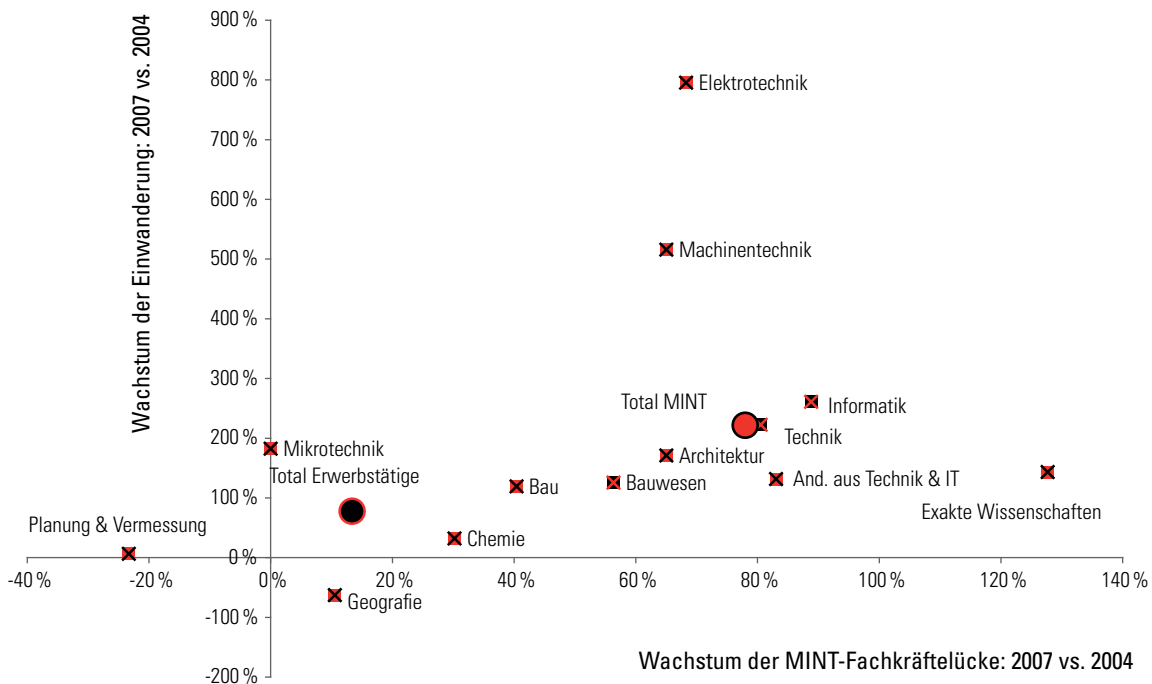
Tabelle 11: Einwanderung von MINT-Fachkräften in den Jahren 2000 bis und mit 2008

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total MINT	abs.	7 273	7 658	5 990	4 841	5 280	5 957	8 353	10 447	9 557
	in % VJ		5,3 %	-21,8 %	-19,2 %	9,1 %	12,8 %	40,2 %	25,1 %	-8,5 %
Total MINT*	abs.	6 963	7 244	5 505	4 376	4 718	5 270	7 422	9 364	8 679
	in % VJ		4,0 %	-24,0 %	-20,5 %	7,8 %	11,7 %	40,8 %	26,2 %	-7,3 %
Benchmark: Total Erwerbstätige	abs.	150 811	169 424	180 296	162 990	148 400	141 897	158 785	177 142	168 263
	in % VJ		12,3 %	6,4 %	-9,6 %	-9,0 %	-4,4 %	11,9 %	11,6 %	-5,0 %
MINT-Bereich Informatik	abs.	3 873	3 981	3 070	2 425	2 782	3 258	4 570	6 077	5 253
	in % VJ		2,8 %	-22,9 %	-21,0 %	14,7 %	17,1 %	40,3 %	33,0 %	-13,6 %
29102 Informatikingenieure	abs.	420	386	312	235	249	383	675	869	858
33301 Informatiker, Analytiker	abs.	1 711	1 921	1 429	1 144	1 420	1 538	1 801	2 159	2 181
33302 Programmierer	abs.	591	579	409	320	253	333	581	680	570
33303 Informatikoperatore	abs.	106	117	122	155	147	166	216	340	226
33304 Andere Berufe der Informatik	abs.	1 045	978	798	571	713	838	1 297	2 029	1 418
MINT-Bereich Technik	abs.	2 437	2 615	1 950	1 604	1 561	1 595	2 259	2 731	2 818
	in % VJ		7,3 %	-25,4 %	-17,7 %	-2,7 %	2,2 %	41,6 %	20,9 %	3,2 %
29104 Maschinen- und Verfahreningenieure	abs.	204	168	90	140	60	76	98	124	99
29106 Elektroingenieure	abs.	192	123	93	124	63	65	73	73	106
29107 Elektronik-, Mikrotechnikingenieure	abs.	70	58	39	38	23	33	40	54	23
29112 Uebrig Ingenieure	abs.	1 971	2 266	1 728	1 302	1 415	1 421	2 048	2 480	2 590
MINT-Bereich Bauwesen	abs.	296	447	456	459	600	769	1 046	1 202	938
	in % VJ		51,0 %	2,0 %	0,7 %	30,7 %	28,2 %	36,0 %	14,9 %	-22,0 %
29103 Bauingenieure	abs.	79	94	92	67	98	145	174	187	142
29105 Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlageingenieure	abs.	4	55	3	6	6	3	8	7	4
29110 Kultur-, Vermessungsingenieure, Geometer	abs.	29	20	36	29	30	16	22	16	23
29101 Architekten	abs.	184	278	325	357	466	605	842	992	769
MINT-Bereich Chemie & Life Sciences	abs.	363	277	229	169	159	163	235	198	207
	in % VJ		-23,7 %	-17,3 %	-26,2 %	-5,9 %	2,5 %	44,2 %	-15,7 %	4,5 %
29111 Chemie-, Lebensmittelingenieure	abs.	97	62	50	54	47	41	51	34	39
45303 Chemiker	abs.	266	215	179	115	112	122	184	164	168
MINT-Bereich Andere	abs.	304	338	285	184	178	172	243	239	341
	in % VJ		11,2 %	-15,7 %	-35,4 %	-3,3 %	-3,4 %	41,3 %	-1,6 %	42,7 %
45304 Mathematiker, Statistiker	abs.	56	61	53	31	57	44	76	52	63
45305 Physiker	abs.	151	161	108	74	55	62	100	112	192
45302 Geographen, Meteorologen	abs.	33	39	46	21	25	17	25	34	34
45306 Umweltschutzfachleute	abs.	8	17	23	13	13	8	7	5	8
29108 Forstingenieure	abs.	6	3	3	2	2	2	1	3	4
29109 Agronomen	abs.	31	41	27	28	17	18	19	16	8
45307 Andere Berufe der Naturwissenschaften	abs.	19	16	25	15	9	21	15	17	32

Anmerkungen: Die ausgewiesenen Berufsgruppen beziehen sich auf die internationale Berufsnomenklatur ISCO 88, wobei keine Ausbildungsfilter gesetzt werden konnte, da die Information der höchsten abgeschlossenen Ausbildung im Zentralen Ausländerregister ZAR nicht verfügbar ist.

Quelle: eigene Darstellung, Einwanderung von MINT-Fachkräften: Zentrales Ausländerregister ZAR des Bundesamt für Migration (BFM), Basis: Ständige und nicht-ständige Wohnbevölkerung, nur erwerbstätige Personen, MINT-Fachkräftelücke: eigene Berechnungen

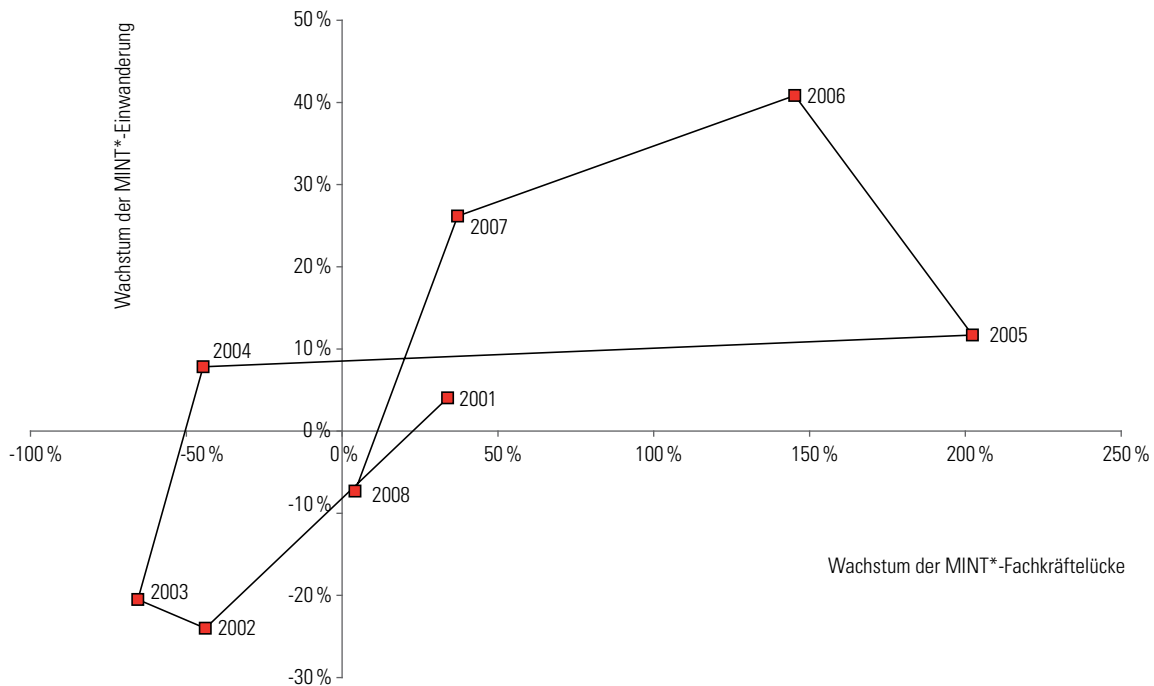
Abbildung 10: Korrelation zwischen MINT-Einwanderung und MINT-Fachkräftelücke I



Anmerkungen: Rote Quadrate: MINT-Kategorien. Schwarze Quadrate: MINT-Bereiche. Für das Aggregat «Total Erwerbstätige» ist auf der X-Achse das Wachstum der offenen Stellen gemäss Stellenmarktmonitor abgetragen.

Quelle: eigene Darstellung, Einwanderung von MINT-Fachkräften: Zentrales Ausländerregister ZAR des Bundesamt für Migration (BFM), Basis: Ständige und nicht-ständige Wohnbevölkerung, nur erwerbstätige Personen, MINT-Fachkräftelücke: eigene Berechnungen

Abbildung 11: Korrelation zwischen MINT*-Einwanderung und MINT*-Fachkräftelücke II



Quelle: eigene Darstellung, Einwanderung von MINT-Fachkräften: Zentrales Ausländerregister ZAR des Bundesamt für Migration (BFM), Basis: Ständige und nicht-ständige Wohnbevölkerung, nur erwerbstätige Personen, MINT-Fachkräftelücke: eigene Berechnungen

Den Zusammenhang zwischen der MINT*-Einwanderung auf der einen Seite und der MINT*-Fachkräftelücke und der Konjunktur auf der anderen Seite haben wir auch mittels zeitreihenanalytischen Methodik untersucht. Dabei haben wir nach einem Regressionsmodell gesucht, dass die MINT*-Einwanderung optimal erklärt. Es resultierte ein «MINT*-Immigrationsmodell», das analytisch folgendermassen dargestellt werden kann:

$$IM_t^{MINT^*} = c + \beta_1 L_t^{MINT^*} + \beta_2 \Delta Y_t + \varepsilon_t$$

wobei :

$$t = \text{Index für das Jahr } t, t \in [2000, 2008] \quad (2.5)$$

$$IM_t^{MINT^*} = \text{Anzahl eingewanderter MINT*-Fachkräfte}$$

$$L_t^{MINT^*} = \text{MINT*-Fachkräftelücke}$$

$$\Delta Y_t = \text{Wachstum des realen BIP im Jahr } t$$

$$\varepsilon_t = \text{Störterm mit Erwartungswert } 0$$

Die Formel (2.5) besagt, dass die Anzahl eingewanderter MINT*-Fachkräfte in einem Jahr t als lineare Funktion der MINT*-Fachkräftelücke in diesem Jahr und dem Wachstums des realen BIP gegenüber dem Vorjahr $t-1$ beschrieben werden kann.

Die Ergebnisse der statistischen Schätzung der Regressionsgleichung (2.5) sind in **Tabelle 12** dargestellt.

Tabelle 12: Schätzergebnisse zum «MINT*-Immigrationsmodell»

Regressionsgleichung 1: $IM_t = c + \beta_1 L_t + \beta_2 \Delta Y_t + \varepsilon_t$			
	Konstante	L_t	ΔY_t
	c	β_1	β_2
Koeffizient	3 194	0,26	0,07
p-Wert	0,0 %	0,0 %	-4,6 %
Bestimmtheitsmass $R^2 = 0,971$			

Anmerkungen: Ein p-Wert zwischen -5 % und 5 % bedeutet, dass der entsprechende Regressionskoeffizient statistisch signifikant von Null verschieden ist. Das Bestimmtheitsmass von 0,971 bedeutet, dass das gefundene Regressionsmodell 97,1 % der Schwankungen der MINT-Immigration erklären kann.

Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse können folgendermassen interpretiert werden:

- **Der Koeffizient β_1** misst den Einfluss der MINT*-Fachkräftelücke auf die MINT*-Immigration. Wie zu erwarten war, ist der Koeffizient grösser als Null: steigt die MINT*-Fachkräftelücke, dann steigt auch die MINT*-Immigration. Der Effekt ist mit einem β_1 von 0.26 stark ausgeprägt: Steigt die MINT*-Lücke um 4 MINT*-Fachkräfte, dann nimmt die MINT*-Einwanderung um 26% d.h. um rund 1 MINT*-Fachkraft zu. Der Koeffizient ist mit einem p-Wert von 0,0 % < 5 % statistisch signifikant von Null verschieden.
- **Der Koeffizient β_2** misst den Einfluss der Konjunktur auf die MINT*-Immigration – jenseits der indirekten Wirkung über die MINT*-Fachkräftelücke (s. Tabelle 8). Der Koeffizient ist statistisch signifikant von Null verschieden, sein Wert jedoch mit $\beta_2 = 0,07$ relativ gering.
- **Die Konstante c** kann man als «strukturelle MINT*-Einwanderung» interpretieren. Sie misst die MINT*-Einwanderung, wenn die MINT*-Fachkräftelücke und das Wirtschaftswachstum je Null betragen. Die substantielle «strukturelle Einwanderung» im Umfang von jährlich 3 194 einwandernden MINT*-Fachkräften ist ein weiteres Indiz dafür, dass es in der Schweiz eine strukturelle MINT*-Fachkräftelücke gibt.

3.3 Marktversagen und Schweinezyklus?

Der Sachverständigenrat Deutschlands weist in seinem Jahresgutachten 2007/08 daraufhin, dass der Begriff «Fachkräftemangel», wie er umgangssprachlich und insbesondere in den Medien verwendet wird, dahingehend problematisch ist, dass «er ein Ungleichgewicht oder eine nicht näher bestimmt defizitäre Situation suggeriert, obwohl er zunächst einmal nur einen starken relativen Anstieg der Nachfrage nach Arbeitskräften mit einem bestimmten Qualifikationsniveau beschreibt, der sich in längeren Suchzeiten nach Bewerbern oder höheren Lohnforderungen niederschlägt» (Sachverständigenrat 2007, S. 354). Diesem Anstieg der Nachfrage nach Arbeitskräften und der damit verbundenen relativen Angebotsverknappung kommt gemäss dem Sachverständigenrat jedoch eine wichtige ökonomische Bedeutung zu: «Versteht man den Fachkräftemangel richtigerweise als relative Angebotsverknappung auf einem Teilmarkt für bestimmte Qualifikationen, wird deutlich, dass einem solchen Mangel gerade in Zeiten eines Aufschwungs eine wichtige Funktion zukommt, denn die durch den Wettbewerb um knappe Fachkräfte induzierten Lohnsteigerungen sind förderlich für eine effiziente Faktorallokation, indem Arbeitskräfte aus weniger produktiven Verwendungen oder der Nichterwerbstätigkeit umgelenkt und mittel- bis langfristig aufgrund der höheren Bildungsrendite vermehrt Arbeitskräfte ausgebildet werden oder Jugendliche ein entsprechendes Studium aufnehmen.» (Sachverständigenrat 2007, S. 354)

Die Frage ist, ob diese Marktmechanismen wirklich spielen. Wenn dieser der Fall ist, würde man u.a. folgende Phänomene erwarten:

- Die **Löhne der MINT-Fachkräfte** weisen einen positiven Zusammenhang mit der MINT*-Fachkräftelücke auf, konkret: Die Reallöhne steigen – allenfalls mit einer zeitlichen Verzögerung –, wenn die MINT*-Fachkräftelücke zunimmt.
- Jugendliche nehmen mittel- bis langfristig vermehrt **MINT-Studiengänge** auf, wenn die MINT-Löhne steigen und die MINT-Berufsaussichten attraktiver werden.

Im Folgenden präsentieren wir empirische Evidenzen zu der Frage, ob die oben formulierten Marktmechanismen in der Realität funktionieren.

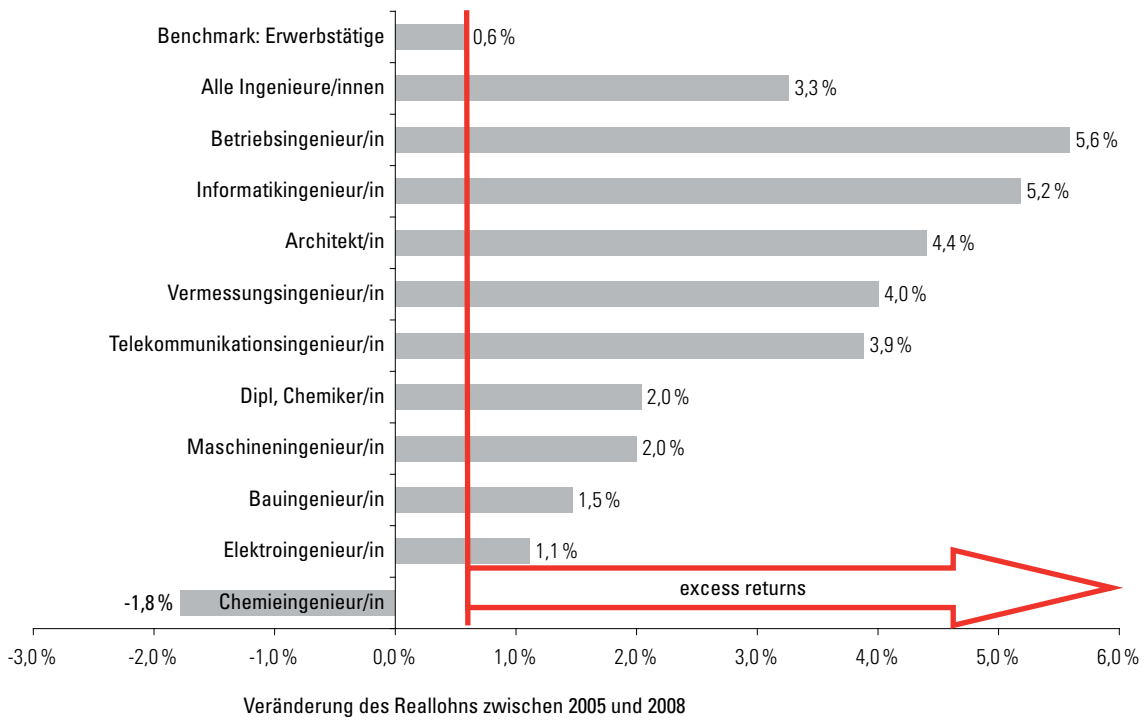
3.3.1 Entwicklung der MINT-Löhne

Swiss Engineering STV, der Berufsverband der Schweizer Ingenieur/innen und Architekten führt seit dem Jahr 1988 Lohnerhebungen bei seinen Mitgliedern durch, seit 2003 jährlich. Die Befragungen werden jeweils in den Monaten März bis und mit Mai vorgenommen. Detaillierte Lohndaten für Ingenieur/innen, Architekt/innen und Chemiker/innen liegen für die Jahre 2006 (N = 4 251), 2007 (N = 3 954) und 2008 (N = 4 187) vor. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Lohnentwicklung der übrigen MINT-Fachkräfte mit diesen Berufskategorien gut übereinstimmt.

In **Abbildung 12** ist das reale Lohnwachstum der Fachkräfte ausgewählter MINT-Kategorie gemäss der Salärbefragung von Swiss Engineering STV zwischen Juni 2004 und Mai 2008 dargestellt. Als Vergleich ist das reale Lohnwachstum aller in der Schweiz wohnhaften erwerbstätigen Personen dargestellt. Die Abbildung zeigt sofort, dass die Löhne der befragten MINT-Fachkräfte seit 2004 viel stärker gestiegen sind als die diejenigen aller Erwerbstätigen: Während das reale Lohnwachstum aller Erwerbstätigen nur gerade 0,6 % betrug, sind die untersuchten MINT-Löhne mit 3,3% fast sechsmal so stark gewachsen. Diese Differenz werden wir im Folgenden als «**excess returns**» bezeichnen. Dass das MINT-Lohnwachstum von der Angebotsverknappung getrieben ist, zeigt **Abbildung 13**, in welcher die excess returns gegen den relativen MINT-Fachkräftemangel abgetragen sind. Dabei zeigt sich, dass das MINT-Lohnwachstum mit dem relativen Fachkräftemangel positiv korreliert ist.

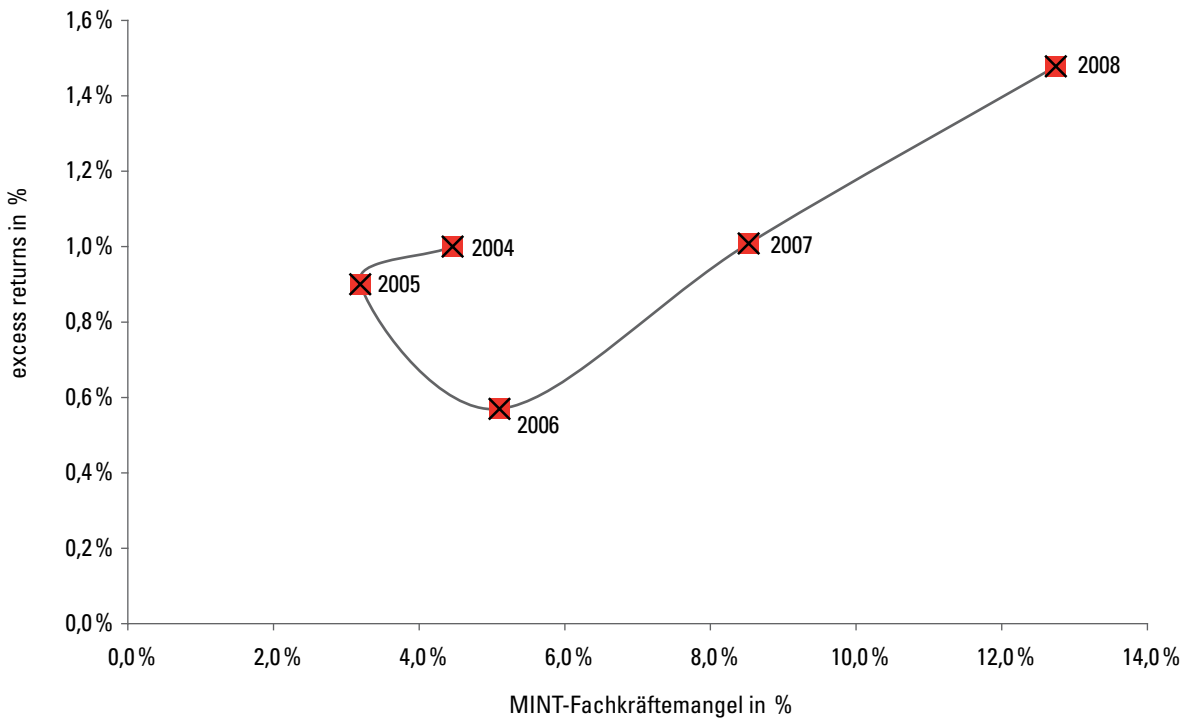
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der MINT-Arbeitsmarkt auf die Verknappung an verfügbaren MINT-Fachkräften mit einer substantiellen Lohnsteigerung reagiert hat, was mit der Theorie eines flexiblen Arbeitsmarktes konsistent ist. Ein Marktversagen im Sinne eines starren Arbeitsmarktes, in dem die Faktorpreise nicht mehr Knappheiten signalisieren, kann nicht diagnostiziert werden.

Abbildung 12: Reales Lohnwachstum gemäss Salärbefragung STV zwischen 2005 und 2008



Anmerkung: Die jährlichen Daten beziehen sich jeweils auf die Periode Juni (t-1) bis und mit Mai (t). Dies deshalb, weil die Salärumsfragen von Swiss Engineering jeweils in den Monaten März – Mai erfolgt.
 Quelle: Salärumsfragen von Swiss Engineering in den Jahren 2006 , 2007 und 2008

Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Reallohnwachstum und MINT-Fachkräftemangel



Quelle: BASS-Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Salärumsfragen von Swiss Engineering in den Jahren 2005-2008, Schweizerischer Lohnindex des BFS, eigene Berechnungen

3.3.2 Veränderung der MINT*-Studieneintritte

Im Folgenden werden wir den Zusammenhang zwischen der MINT-Fachkräftelücke auf der einen Seite und der Anzahl Eintritte in MINT*-Studiengänge auf der anderen Seite untersuchen. Die Daten zu den Studieneintritten beziehen sich durchgehend auf die Stufe ISCED 5A, also auf Studiengänge an universitären Hochschulen, Fachhochschulen sowie HTL- und HWV-Lehrgänge.

Tabelle 13 zeigt die Eintritte in universitäre Hochschulen und Fachhochschulen – zum einen bezüglich allen Studiengängen, zum anderen bezüglich MINT*-Studiengängen. Ein Vergleich zwischen der Anzahl MINT*-Studieneintritte und der Anzahl aller Studieneintritte ermöglicht die folgenden Feststellungen:

- Die Anzahl aller Eintritte in Studiengänge der Stufe ISCED 5A ist im Sinne einer Erhöhung der Studierquote von 19 153 im Jahr 1990 auf 34 961 im Jahr 2008 gestiegen, was einem Wachstum von 82,5 % entspricht. In der gleichen Zeit sind die MINT*-Studieneintritte nur um knapp 20 % gestiegen (von 4 853 auf 5 499). Als Konsequenz ist der MINT*-Anteil an den ISCED-5A-Eintritten von 23,1 % im Jahr 1990 auf 16,8 % im Jahr 2008 gesunken.
- Der relative Bedeutungsverlust von MINT*-Studiengängen ist in erster Linie auf die Installation von Fachhochschulen (FH) ab dem Jahr 1996 zurückzuführen. Zwischen 1990 und 2008 haben sich die FH-Eintritte mehr als verdoppelt. Die Expansion erfolgte jedoch ausserhalb des MINT*-Bereichs, was darauf zurückgeführt werden kann, dass mit den HTL-Lehrgängen die Möglichkeiten eines ISCED-5A-Studiengangs im technischen Bereich ohne gymnasiale Maturität im Vergleich zum nicht-technischen Bereich relativ gut waren, ehe die Fachhochschulen eingeführt wurden. Mit der Installation der Fachhochschulen kam es dann zu einer Angebotsausweitung im nicht-technischen Ausbildungsbereich, insbesondere dadurch, dass Ausbildungsgänge der typischen Frauenberufe (Sozialarbeit, Pflege etc.) in das System der Fachhochschulen aufgenommen wurden. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass der relative Bedeutungsverlust der MINT*-Studiengänge zu einem grossen Teil ein statistisches Konstrukt darstellen.
- Das Wachstum der Anzahl MINT*-Studieneintritte ist in erster Linie ein Wachstum an den universitären Hochschulen (UH): Während die Anzahl MINT*-Studieneintritte bei den Fachhochschulen zwischen 1990 und 2008 mit einem Plus von 7,4 % (220 Studieneintritte) mehr oder weniger stagnierten, nahmen die Eintritte in universitäre MINT*-Studiengänge um 743 bzw. 38,8 % zu, während der Zuwachs beim Total der UH-Studiengänge nur 30,2 % betrug²². Im Bereich der universitären Hochschulen konnte der MINT*-Bereich seine anteilmässige Bedeutung also gut halten. Dieser oszilliert seit 1990 um die Marke von 14 %, wobei eine sehr geringe Erhöhung seit 1990 beobachtet werden kann. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass das Wachstum der MINT*-Studieneintritte zwischen 1990 und 2008 zu etwas über 50 % auf MINT*-Studieneintritte von Bildungsausländer/innen zurückgeführt werden kann. Von den zusätzlichen 743 Eintritten in MINT*-Studiengänge an Universitären Hochschulen entfallen 397 auf Bildungsausländer/innen und 346 auf Studierende, die im Besitz eines Schweizer Passes sind.

²² Dabei stellt sich grundsätzlich die Frage, in welchem Ausmass das Wachstum der MINT*-Studieneintritte an den UHs und ETHs auf ausländische Studierende zurückgeführt werden kann. Diese Frage wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

Tabelle 13: Eintritte in Studiengänge der Stufe ISCED 5A: 1990-2008

Jahr	MINT*- Fach- kräfte- Lücke	MINT*- Stellen- suchende	Studieneintritte										Diplome						
			Total			MINT*						Total			MINT*				
			Total	UH	FH	Total		UH		FH		Total	UH	FH	Total	UH	FH		
			abs.	abs.	abs.	abs.	in %	abs.	in %	abs.	in %	abs.	in %	abs.	abs.	abs.	abs.		
1990			19 153	13 877	5 276	4 895	25,6 %	1 915	13,8 %	473	24,7 %	2 980	56,5 %		2 868		1 969		
1991			19 873	14 774	5 099	4 931	24,8 %	2 083	14,1 %	554	0	2 848	55,9 %		3 044		1 975		
1992			19 919	14 655	5 264	4 733	23,8 %	1 956	13,3 %	474	0	2 777	52,8 %		3 254		1 966		
1993	1 147	700	20 427	14 822	5 605	4 715	23,1 %	1 990	13,4 %	496	0	2 725	48,6 %		3 191		2 079		
1994	3 504	918	19 899	14 168	5 731	4 838	24,3 %	2 014	14,2 %	499	0	2 824	49,3 %		3 235		2 102		
1995	10 235	812	19 616	13 928	5 688	4 526	23,1 %	1 833	13,2 %	464	0	2 693	47,3 %		3 267		1 946		
1996	8 837	870	19 964	14 348	5 616	4 277	21,4 %	1 898	13,2 %	448	0	2 379	42,4 %		3 000		1 752		
1997	12 799	1 092	21 172	14 562	6 610	4 956	23,4 %	2 022	13,9 %	449	0	2 934	44,4 %		3 186		1 832		
1998	11 315	998	22 449	15 140	7 309	4 948	22,0 %	2 177	14,4 %	452	0	2 771	37,9 %	12 196	9 160	3 036	3 083	1 364	1 719
1999	14 998	828	22 673	14 976	7 697	5 195	22,9 %	2 309	15,4 %	501	0	2 886	37,5 %	12 458	9 082	3 376	3 224	1 386	1 838
2000	10 731	718	24 333	15 393	8 940	5 622	23,1 %	2 477	16,1 %	533	0	3 145	35,2 %	11 954	9 575	2 379	2 566	1 351	1 215
2001	14 364	524	27 378	17 036	10 342	6 049	22,1 %	2 728	16,0 %	600	0	3 321	32,1 %	13 253	9 324	3 929	3 171	1 451	1 720
2002	8 059	1 201	31 512	18 259	13 253	6 266	19,9 %	2 785	15,3 %	650	0	3 481	26,3 %	13 932	9 425	4 507	3 082	1 367	1 715
2003	2 779	2 462	31 841	18 089	13 752	5 952	18,7 %	2 390	13,2 %	594	0	3 562	25,9 %	15 822	9 773	6 049	3 564	1 442	2 122
2004	1 539	2 957	30 931	16 342	14 589	5 203	16,8 %	2 069	12,7 %	640	0	3 134	21,5 %	17 046	9 781	7 265	3 639	1 452	2 187
2005	4 653	2 449	32 222	16 545	15 677	5 485	17,0 %	2 286	13,8 %	663	0	3 199	20,4 %	17 097	9 208	7 889	3 214	940	2 274
2006	11 413	1 838	32 243	16 801	15 442	5 350	16,6 %	2 373	14,1 %	705	0	2 977	19,3 %	18 807	10 167	8 640	4 040	1 605	2 435
2007	15 645	1 447	32 990	16 592	16 398	5 257	15,9 %	2 310	13,9 %	713	0	2 947	18,0 %	20 290	10 641	9 649	4 355	1 634	2 721
2008	16 292	1 157	34 961	18 069	16 892	5 858	16,8 %	2 658	14,7 %	870	0	3 200	18,9 %						
D 08/90 abs.			15 808	4 192	11 616	963	-8,8 %	743	0,9 %	397	8,0 %	220	-37,5 %						
D 08/90 in %			82,5 %	30,2 %	220,2 %	19,7 %	-34,4 %	38,8 %	0,9 %	83,9 %	8,0 %	7,4%	-37,5 %						

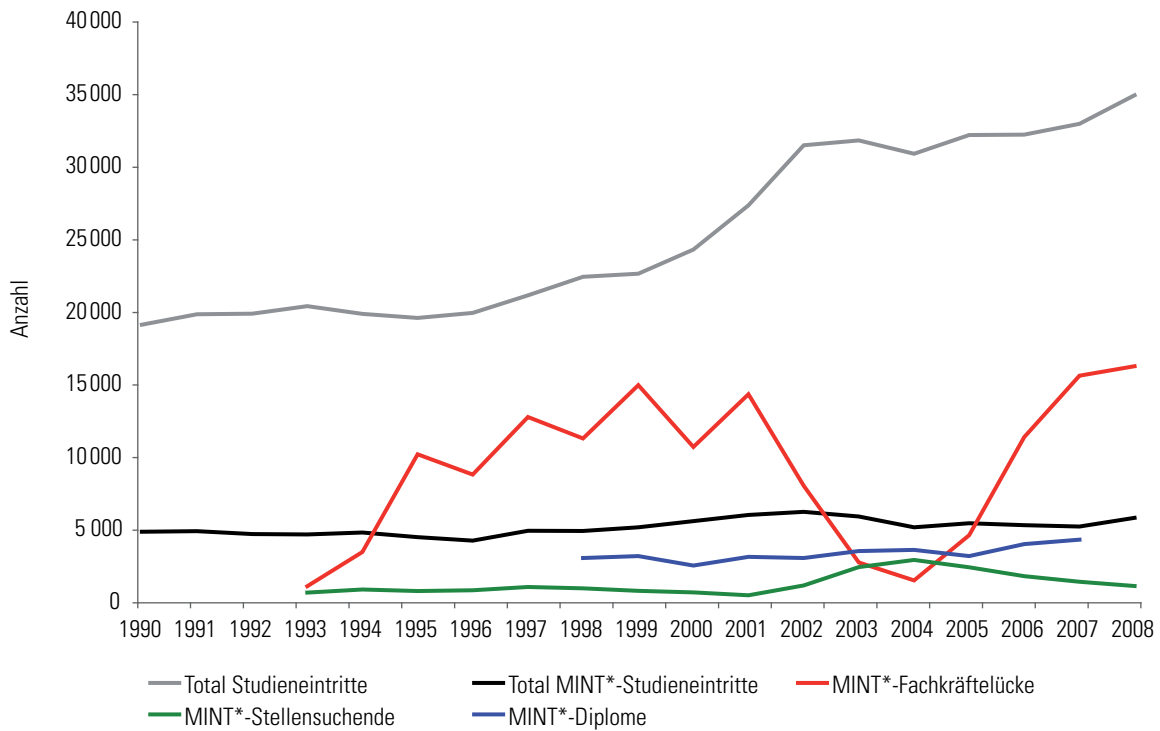
Quelle: BASS-Onlineunternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Bundesamt für Statistik BFS, eigene Berechnungen

In **Abbildung 14** ist die Entwicklung der MINT*-Fachkräftelücke im Vergleich zur der Entwicklung der MINT*-Studieneintritte grafisch dargestellt. Was dort bereits optisch ersichtlich ist, haben wir auch im Rahmen eines multivariaten Regressionsmodell auf der Basis der jährlichen Daten von 1993 bis und mit 2008 statistisch erhärtet. Wir konnten gar keine Wirkung der MINT*-Fachkräftelücke auf die MINT*-Studieneintritten nachweisen – statistisch gesehen gibt es zwischen den beiden Zeitreihen keinen Zusammenhang.

Dieses Ergebnis ist auf der einen Seite mit der Forschung zum Thema «Studienfachwahl» konsistent (s. Gehrig und Fritschi 2008 für eine Zusammenfassung der relevanten Literatur). Dort gibt es einen Konsens, dass der Studienfachentscheid von der Bildungsbiografie, (geschlechtsspezifisch geprägten) persönlichen Interessen und den Erwartungen hinsichtlich dem Studium getrieben wird und Überlegungen zum Arbeitsmarkt eine untergeordnete Rolle spielen. Dass zwischen der MINT*-Fachkräftelücke und den MINT*-Studieneintritten kein Zusammenhang nachzuweisen ist, ist auf der anderen Seite mit der Argumentationsfigur des «Schweinezyklus» nicht konsistent: Diese impliziert, dass Knappheiten im Arbeitsmarkt einen Einfluss auf den Studienfachentscheid haben. Sheldon (2008) belegt das theoretische Schweinezyklus-Modell anhand der Entwicklung des Anteils der Informatik an den Studieneintritten und an den offenen Stellen. Der Anteil der Informatik an den Studieneintritten erreicht gemäss der **Abbildung 2.7** in Sheldon (2008) im Jahr 2002 den Höchststand, was mit unserer **Abbildung 14** konsistent ist. Das Schweinezyklusmodell besagt nun, dass diejenigen Studierenden, die sich aufgrund von konjunkturbedingten Knappheiten auf dem Arbeitsmarkt für ein entsprechendes Studium entscheiden, zu einem Zeitpunkt auf den Arbeitsmarkt kommen, zu dem die Nachfrage nach den entsprechenden Fachkräften tief ist, so dass eine hohe Arbeitslosigkeit resultiert. **Abbildung 14** zeigt jedoch, dass dieser Wirkungszusammenhang nur schwach ausgeprägt ist: Eine signifikante Erhöhung der vergebenen MINT*-Diplome infolge erhöhter MINT*-Eintritte in den Jahren 1999-2002 kann nur für die Jahre 2006 und 2007 diagnostiziert werden – in diesen beiden Jahren gab es jedoch keinen MINT*-Angebotsüberschuss, vielmehr war die MINT*-Fachkräftelücke in diesen beiden Jahren stark ausgeprägt und die Nachfrage nach MINT*-Fachkräften sehr hoch. Allerdings muss angemerkt werden, dass der Zusammenhang zwischen Fachkräftemangel und Studieneintritte für die MINT-Kategorie Informatik ausgeprägter zu sein scheint, wie **Abbildung 15** zeigt. In dieser **Abbildung** sind die Informatik-Studieneintritte und die Eintritte in MINT*-Studiengänge ohne Informatik dargestellt. Sie zeigt, dass sich die Eintritte in Studiengänge der Informatik zwischen 1995 und 2002 um rund 250 % zugenommen haben, während die Eintritte in MINT*-Studiengänge exklusive Informatik demgegenüber nur 16 % zugelegt haben. Es liegt der Schluss nahe, dass die Zunahme der Informatik-Studieneintritte zu einem gewissen Ausmass zu Ungunsten anderer MINT*-Studiengänge erfolgte, zwischen den MINT*-Fachrichtungen also eine gewisse Substituierbarkeit und Konkurrenz herrscht. Die Tatsache, dass Sheldon (2008) für die MINT-Kategorie «Informatik» einen Schweinezyklus findet, während wir für das Aggregat der MINT*-Fachkräfte keinen solchen nachzuweisen vermögen, lässt sich also allenfalls dadurch erklären, dass die Fluktuationen der Studieneintritte der MINT-Kategorie «Informatik» auf Verschiebungen innerhalb des Bereichs «MINT» und weniger auf Verschiebungen zwischen den Bereichen «MINT» und «Nicht-MINT» zurückzuführen sind. Ein solches Erklärungsmuster wäre mit der «Zwei-Welten-These» konsistent, die in der Literatur zum Studienfachentscheid oft vertreten wird (vgl. u.a. Zwick und Renn 2000).

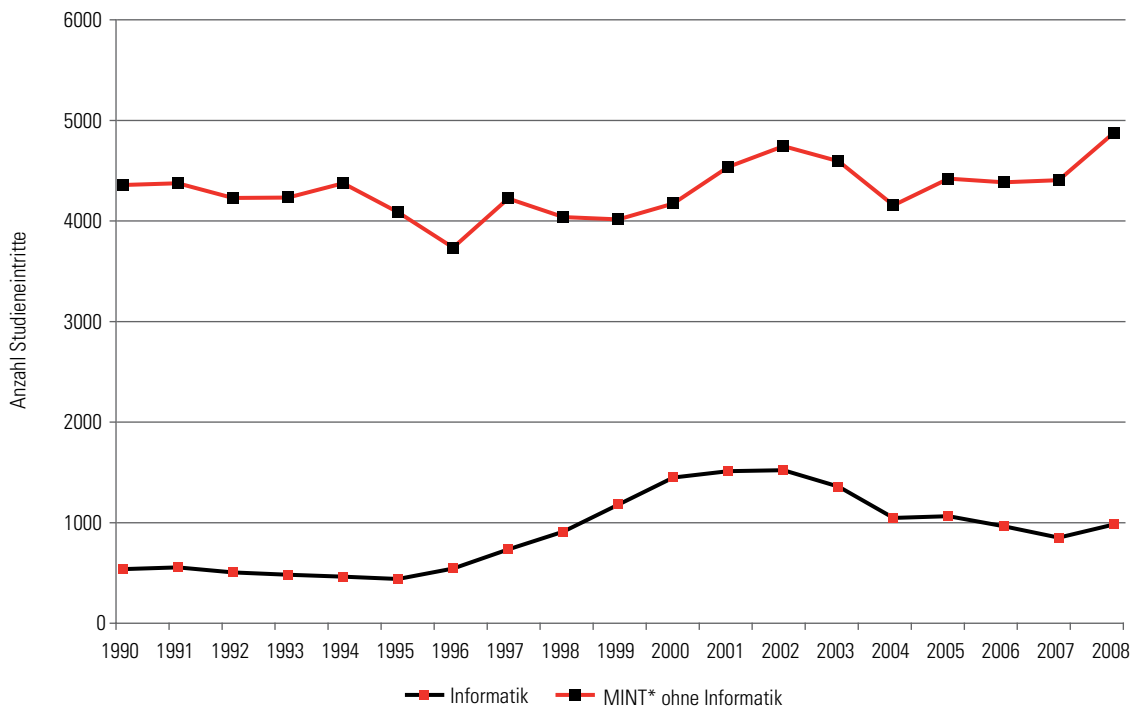
Zusammenfassend lässt sich festhalten: Zwischen 1990 und 2008 hat die Anzahl Eintritte in MINT*-Studiengänge um 963 Eintritte zugenommen, was einem Wachstum von knapp 20 % entspricht, wobei gut die Hälfte des Wachstums auf Bildungsausländer/innen zurückgeführt werden kann. Vor dem Hintergrund der starken Technologisierung der Arbeitsplätze und der starken Erhöhung der Tertiärquote seit 1990 muss dieses Wachstum als eher bescheiden bewertet werden. Grundsätzlich konnten wir statistisch keinen Effekt der MINT*-Fachkräftelücke auf die Anzahl Eintritte in MINT*-Studiengänge nachweisen. Auf der einen Seite sind unsere Ergebnisse mit der Argumentationsfigur des Schweinezyklus nicht konsistent. Auf der anderen Seite stimmen sie jedoch mit den Ergebnissen der Forschungsliteratur zum Studienfachentscheid überein. In dieser gibt es einen Konsens dahingehend, dass der zukünftige Arbeitsmarkt für den Studienfachentscheid zweitrangig ist. Dies dürfte der Grund dafür sein, dass sich eine Knappheit des MINT*-Angebots auf dem Arbeitsmarkt kaum auf die Zahl der MINT*-Studieneintritte auswirkt – insbesondere auf diejenigen der Studierenden mit Schweizer Pass. Ob dies auch in einer langfristigen Perspektive der Fall ist, können wir auf der Grundlage der uns zur Verfügung stehenden Zeitreihen nicht beurteilen.

Abbildung 14: Zusammenhang zwischen MINT*-Fachkräftelücke und MINT*-Studieneintritte



Quelle: Arbeitsmarktstatistik (SECO), Stellenmarktmonitor (Universität Zürich), BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Bundesamt für Statistik, eigene Berechnungen

Abbildung 15: Studieneintritte Informatik und MINT* exkl. Informatik



Quelle: Bundesamt für Statistik

3.4 Prognose des MINT*-Fachkräftemangels

Basierend auf den zeitreihenanalytischen Modellen zum Einfluss der Konjunktur auf die MINT*-Fachkräftelücke (s. Gleichung (2.4) im Abschnitt 3.1) und zum Einfluss der MINT*-Fachkräftelücke auf die Einwanderung von MINT*-Fachkräften (s. Gleichung (2.5) im Abschnitt 3.2) haben wir auf der Basis der Prognose des SECO vom Sommer 2009 zum Wirtschaftswachstum in den Jahren 2009 bis und mit 2010 eine Prognose des MINT*-Fachkräftemangels für die Jahre 2010 und 2011 erstellt.

In **Abbildung 16** zeigt zum einen die MINT*-Fachkräftelücke, wie sie in der Vergangenheit beobachtet werden konnte, zum anderen die aufgrund unseres zeitreihenanalytischen Modells geschätzte MINT*-Fachkräftelücke. Ein Vergleich der roten Zeitreihe (MINT*-Fachkräftelücke gemäss unserem Prognosemodell) mit der schwarzen Zeitreihe (effektive MINT*-Fachkräftelücke in der Realität) zeigt, dass unser Modell die Realität relativ gut abbilden kann. Das Modell weicht jedoch dahingehend von der Realität ab, dass der konjunkturelle getriebene Rückgang der MINT*-Fachkräftelücke in unserem Modell nicht schnell genug reagiert. Wir führen dies darauf zurück, dass unser Prognosemodell eine symmetrische Struktur hat, während in der Realität die MINT*-Fachkräftelücke anders reagiert, wenn die Konjunktur einbricht, als wenn sie anzieht, so dass eine asymmetrische Modellierung sinnvoll wäre. Eine solche ist jedoch, vor dem Hintergrund, dass wir nur über 16 Datenpunkte (1993 – 2008) verfügen, nicht realisierbar.

Für die kommenden Jahre sind in **Abbildung 16** zwei unterschiedliche Prognosen dargestellt, die auf zwei unterschiedlichen Prognosemodellen beruhen:

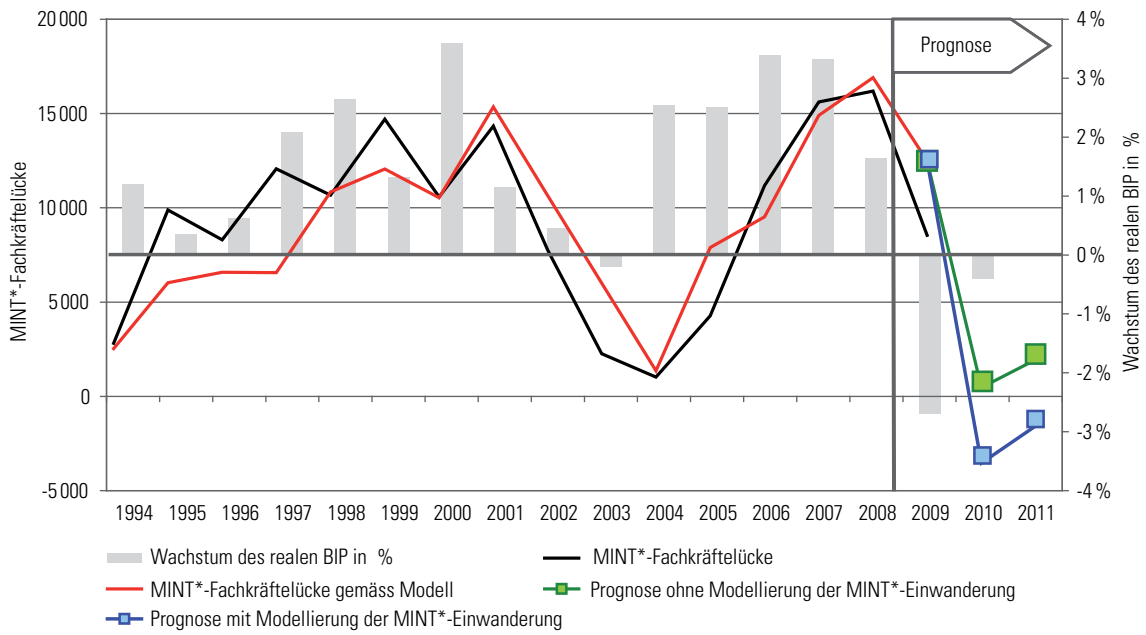
- Die **blaue Linie** beschreibt die Prognose des Modells, das analytisch in Gleichung (2.4) dargestellt ist.
- Die **grüne Linie** beschreibt ebenfalls die Prognose des Modells in Gleichung (2.4), wobei die Immigration von MINT*-Fachkräften mitmodelliert wird (s. Gleichung (2.5)).

Beide Modelle prognostizieren, dass es in den Jahren 2010 und 2011 – konjunkturell bedingt – keine MINT*-Fachkräftelücke mehr geben wird. Das Prognosemodell ohne Modellierung der MINT*-Immigration geht davon aus, dass die MINT*-Fachkräftelücke in den Jahren 2010 und 2011 800 bzw. 2'200 fehlende MINT*-Fachkräfte betragen wird. Geht man davon aus, dass es rund 170'000 beschäftigte MINT*-Fachkräfte gibt, dann umfasst die natürliche Vakanzquote von 2.5 % 4'250 offene MINT*-Stellen, so dass die MINT*-Fachkräftelücken von 800 und 2'200 implizieren, dass es in den Jahren 2010 und 2011 keinen MINT*-Fachkräftemangel geben wird, obwohl die MINT*-Fachkräftelücke grösser als Null ist.

Das erweiterte Prognosemodell, in das auch die MINT*-Immigration Eingang findet, führt mit einer prognostizierten MINT*-Fachkräftelücke im Jahr 2010 in der Höhe von -3 100 und im Jahr 2011 in der Höhe von -1 200 zu noch tieferen Werten. Dies ist letztlich darauf zurückzuführen, dass die MINT*-Immigration das Angebot ausweitet. Unser MINT*-Immigrationsmodell, das in der Regressionsgleichung (2.5) (s. Abschnitt 3.2) analytisch dargestellt ist, prognostiziert, dass im Jahr 2009 8 000, im Jahr 2010 5 000 und im Jahr 2011 5 500 ausländische MINT*-Fachkräfte in die Schweiz einwandern werden.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass der MINT*-Fachkräftemangel in den Jahren 2010 und 2011 aus konjunkturellen Gründen kein Thema sein wird, wenn die BIP-Prognosen des SECO sich bestätigen. Der Zusammenhang zwischen Konjunktur und MINT*-Fachkräftelücke, den wir quantitativ fassen konnten, impliziert jedoch, dass die MINT*-Fachkräftelücke wieder zu einem Thema wird, sobald die Konjunktur anzieht. Sobald die Schweizer Wirtschaft wieder auf ihren langfristigen Wachstumspfad zurückkehrt, wird sich die strukturelle MINT*-Fachkräftelücke, die gut 10 000 fehlende MINT*-Fachkräfte beträgt, wieder bemerkbar machen. Die Klagen der Unternehmen über den Mangel an technischem Humankapital, die insbesondere in den Jahren 2006 und 2007 zu vernehmen waren, werden wiederkehren.

Abbildung 16: Prognose des MINT*-Fachkräftemangels



Anmerkungen: Prognosen des realen BIP beruhen auf den Konjunkturerwartungen des SECO vom Sommer 2009

Quelle: Arbeitsmarktstatistik (SECO), Stellenmarktmonitor (Universität Zürich), BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, eigene Berechnungen

4 Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels

4.1 Mikroökonomische Auswirkungen

Im Rahmen der Online-Unternehmensbefragung konnten Unternehmen, die im März 2009 angaben, aktuell unter einem MINT-Fachkräftemangel zu leiden oder aber im Jahr 2008 mindestens einmal unter einem MINT-Fachkräftemangel gelitten zu haben, auch sagen, ob der MINT-Fachkräftemangel überhaupt zu negativen Auswirkungen auf das Unternehmen führte. Darüber hinaus konnten jene, die negative Auswirkungen feststellten, angeben, um was es sich dabei handelte. Den Unternehmen wurde ein Batterie von 14 möglichen Auswirkungen vorgelegt, die aus der Literatur zum Thema bekannt sind.

Die Ergebnisse sind in **Tabelle 14** dargestellt. 65 % der Unternehmen, die seit Januar 2008 mindestens einmal vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren, hatten unter negativen Auswirkungen zu leiden. Die verschiedenen Auswirkungen sind in der Tabelle danach sortiert, ob sie primär direkte oder indirekte Effekte auf den gesamtwirtschaftlichen Output haben (s. detailliertere Ausführungen zu dieser Thematik in Abschnitt 4.2). In den ersten fünf Datenspalten ist der Anteil der Unternehmen aufgeführt, die mit «Trifft zu» geantwortet haben, die also seit Januar 2008 mindestens einmal unter der entsprechenden Auswirkung gelitten haben. In den letzten zwei Datenspalten ist die durchschnittliche Mangelbetroffenheit dargestellt, die zeigt, welcher Anteil aller MINT-Stellen des Unternehmens zu einem Zeitpunkt t nicht besetzt werden kann (s. Formel (2.3) im Abschnitt 2.3). Ausgewiesen ist zuerst die Mangelbetroffenheit derjenigen Unternehmen, die mit «Trifft zu» geantwortet haben; in der letzten Spalte ist die Mangelbetroffenheit dreizehn Unternehmen ausgewiesen, die mit «Trifft nicht zu» geantwortet haben.

Ein grosser Teil der befragten Unternehmen rapportiert im Zusammenhang mit der Angebotsverknappung auf dem MINT-Arbeitsmarkt Probleme bei der Rekrutierung von MINT-Fachkräften. Diese Probleme können zu erhöhten Kosten führen:

- **Rekrutierungskosten:** Rund die Hälfte der betroffenen Unternehmen geben höhere Rekrutierungskosten an.
- **Weiterbildungskosten:** Jedes dritte vom Mangel betroffene Unternehmen hat offene MINT-Stellen mit Fachkräften besetzt, die nicht vollständig dem Stellenprofil entsprachen bzw. die gewünschten Qualifikationen nicht vollständig mitbrachten. Dies führt bei rund einem Viertel der Unternehmen dazu, dass sie höhere Kosten für die Aus- und Weiterbildung sowie für die Einarbeitung zu tragen haben.
- **Lohnkosten:** Jedes fünfte der betroffenen Unternehmen gibt an, höhere Lohnkosten zu haben, da das Lohnniveau aufgrund der Angebotsverknappung gestiegen ist. 27 % hatten höhere Kosten zu tragen, weil die beschäftigten MINT-Fachkräfte teurere Überstunden leisten mussten und/oder weil teurere Arbeitsleistungen von externen MINT-Fachkräften eingekauft werden mussten.
- **Kosten der Fluktuation:** Die Angebotsverknappung auf dem MINT-Arbeitsmarkt kann auch zu einer erhöhten Fluktuation führen. Die erhöhte Fluktuation kommt unter anderem zustande, weil verstärkt MINT-Beschäftigte von Konkurrenzunternehmen gezielt abgeworben werden. Solch verstärktes Abwerben wird von rund jedem fünften Unternehmen rapportiert. Der Industriesektor ist davon besonders betroffen, was damit zusammenhängen dürfte, dass das Lohnniveau im 2. Sektor tiefer ist als im 3. Sektor. Eine erhöhte Fluktuationsrate resultiert letztlich in erhöhten Personalkosten (Rekrutierung, Programme zur Erhöhung der Mitarbeiter-Loyalität, Kosten der Einarbeitung, Administrationsaufwand etc.). Darunter leiden 15,6 % der betroffenen Unternehmen. Ein Anstieg der Fluktuationsrate kann jedoch auch zu einem *knowledge drain* führen, was die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen tangiert.
- Trotz dieser Probleme bei der Rekrutierung von MINT-Fachkräften haben nur 4 % der Unternehmen, die seit dem Januar 2008 mindestens einmal vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren, schon einmal gänzlich auf Rekrutierungsmassnahmen verzichtet. Diejenigen Unternehmen, die aufgrund des MINT-Fachkräftemangels schon gänzlich auf Rekrutierungsmassnahmen verzichtet haben, sind allerdings äusserst stark vom Mangel betroffen: Die Mangelbetroffenheit in % beträgt bei ihnen 21,3 %.

Die Angebotsverknappung auf dem MINT-Arbeitsmarkt führt vor allem auch zu Verzögerungen bei der Neueinstellung von MINT-Fachkräften und damit zu längeren Vakanzen von MINT-Positionen, was bei jedem zweiten betroffenen Unternehmen der Fall ist. Eine erhöhte Vakanzrate kann den Produktionsprozess der Unternehmen negativ tangieren:

- **Verzicht auf Aufträge:** 16,2 % der vom MINT-Mangel betroffenen Unternehmen hatten Umsatzeinbussen, da auf Aufträge verzichtet werden musste oder sie nur mit einer zeitlichen Verzögerung abgearbeitet werden konnten. Ein solcher Verzicht impliziert einen Output-Gap: Der Output des Unternehmens ist geringer als wenn es keinen MINT-Fachkräftemangel geben würde.

- **Outsourcing:** Jedes fünfte Unternehmen hat angegeben, aufgrund des MINT-Fachkräftemangel Unternehmensleistungen, die von MINT-Fachkräften erbracht werden müssten, auszulagern. Solches Outsourcing birgt die Gefahr, dass Wissen verloren geht, was die Wettbewerbsposition des Unternehmens schwächen kann.
- **Verzicht auf Produktinnovationen:** 12,5 % der Unternehmen haben angegeben, aufgrund des MINT-Fachkräftemangels schon auf Produktinnovationen verzichtet oder diese verschoben zu haben. Ein solcher Verzicht kann sich negativ auf Produktpipeline auswirken und damit die mittel- bis langfristige Wettbewerbsposition des betroffenen Unternehmen schwächen.
- **Verlagerung ins Ausland:** 3,5 % der betroffenen Unternehmen haben schon einmal Unternehmensleistungen, die von MINT-Fachkräften erbracht werden müssen, zu Tochtergesellschaften im Ausland verlagert. Eine Verlagerung von Wertschöpfung ins Ausland entspricht einer unmittelbaren Reduktion der Schweizer Wirtschaftsleistung.

Die beiden letzten Datenspalten in **Tabelle 14** zeigen, dass die Mangelbetroffenheit von Unternehmen, die bereits unter negativen Auswirkungen gelitten haben, rund doppelt so hoch ist wie bei den Unternehmen, welche solche Auswirkungen nicht kennen.

Tabelle 14: Mikroökonomische Auswirkungen des Fachkräftemangels

Makro- ökonomische Folgen	Mikroökonomische Auswirkung	Trifft zu: Anteile in %					Æ-Mangel- betroffenheit in %	
		KMU	Grosse Untern.	Total	2. Sektor	3. Sektor	Trifft zu	Trifft nicht zu
	Anzahl betroffener Unternehmen	192	157	352	194	136		
	Existenz von negativen Auswirkungen: in%	63,5 %	66,2 %	64,5 %	63,4 %	64,0 %	9,9 %	8,0 %
Direkte Reduktion des Outputs	Verlagerung von Unternehmensleistungen, die von MINT-Fachkräften geleistet werden müssen, zu Tochtergesellschaften im Ausland	3,6 %	3,2 %	3,4 %	3,1 %	3,7 %	15,5 %	9,5 %
	Verzicht auf oder zeitliche Verschiebung von Produktinnovationen	14,6 %	10,2 %	12,5 %	11,3 %	14,7 %	16,2 %	8,3 %
	Umsatzeinbussen durch Verzicht auf Aufträge oder zeitliche Verzögerung bei Aufträgen	25,0 %	5,7 %	16,2 %	18,6 %	12,5 %	15,8 %	7,9 %
	Outsourcing von Unternehmensleistungen, die von MINT-Fachkräften geleistet werden müssen	20,3 %	19,7 %	20,2 %	19,6 %	19,9 %	12,9 %	8,5 %
	Verzicht auf Stelleninserate und andere aktive Rekrutierungsmassnahmen	5,2 %	2,5 %	4,0 %	5,2 %	2,9 %	21,3 %	9,1 %
	Lange Vakanzen von offenen Stellen für MINT-Fachkräfte bzw. Verzögerungen bei Neueinstellungen	47,9 %	60,5 %	53,4 %	54,6 %	50,0 %	9,0 %	14,1 %
	Besetzung von Stellen mit Fachkräften, die nicht vollständig dem Stellenanforderungsprofil entsprechen haben, d.h. nicht vollständig die gewünschten Qualifikationen mitbrachten	34,9 %	32,5 %	33,5 %	33,0 %	33,1 %	10,9 %	8,7 %
	Verstärktes Abwerben von beschäftigten MINT-Fachkräften durch Konkurrenzunternehmen	15,6 %	19,1 %	17,3 %	20,6 %	12,5 %	13,0 %	8,7 %
	Erhöhte Fluktuation von MINT-Fachkräften	7,3 %	9,6 %	8,5 %	10,3 %	6,6 %	8,2 %	10,1 %
	Höhere (Projekt-)Kosten durch zeitliche Verzögerungen von Aufträgen und/oder teure Überstunden und/oder Zukauf von externen MINT-Fachkräften	26,6 %	28,0 %	27,0 %	28,4 %	24,3 %	12,6 %	7,9 %
	Höhere Kosten für Einarbeitung, interne Aus- und Weiterbildung, weil Stellen mit Fachkräften besetzt werden mussten, die zur Erlangung der notwendigen Qualifikationen nachqualifiziert werden mussten	26,0 %	20,4 %	23,6 %	22,7 %	23,5 %	12,3 %	8,5 %
	Höhere Lohnkosten von MINT-Fachkräften, da das Lohnniveau aufgrund des Fachkräftemangels gestiegen ist	23,4 %	21,7 %	22,7 %	24,2 %	21,3 %	11,2 %	9,1 %
	Höhere Kosten infolge erhöhter Fluktuation	16,1 %	15,3 %	15,6 %	16,0 %	13,2 %	12,1 %	9,1 %
	Höhere Rekrutierungskosten	43,8 %	56,1 %	49,1 %	49,0 %	47,8 %	10,1 %	9,1 %
Andere Auswirkungen		7,3 %	9,6 %	4,8 %	4,6 %	5,1 %	20,7 %	9,0 %

Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009)

4.2 Makroökonomische Auswirkungen: Wertschöpfungsverlust

Die im Abschnitt 4.1 präsentierten empirischen Ergebnissen zu den mikroökonomischen Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels auf die einzelnen Unternehmen hat gezeigt, dass der ökonomische Produktionsprozess von einer Verknappung des Angebots geeigneter Arbeitskräfte in mannigfaltiger Weise tangiert werden kann.

Die mikroökonomischen Folgen auf Unternehmensebene können den wirtschaftlichen Output der Schweiz kurzfristig grundsätzlich direkt oder indirekt tangieren. Der MINT-Fachkräftemangel reduziert den Output (gemessen durch das BIP) dann **direkt**, wenn das Outputpotential der Volkswirtschaft aufgrund eines Faktormangels nicht vollständig ausgeschöpft werden kann, so dass die Volkswirtschaft auf einem Niveau Waren und Dienstleistungen produziert, das unterhalb des Niveaus liegt, das möglich wäre, wenn genügend Inputfaktoren (d.h. hier MINT-Fachkräfte) zur Verfügung stehen würden. Eine solche direkte Reduktionswirkung ist z.B. gegeben, wenn Unternehmensleistungen ins Ausland verlagert, zeitlich verschoben oder aber überhaupt nicht erbracht werden. Der MINT-Fachkräftemangel kann den Output jedoch auch **indirekt** über eine Reduktion der Produktivität reduzieren. Erhöhte Kosten der Rekrutierung von neuen MINT-Fachkräften und erhöhte Kosten infolge intensiverer Pflege von beschäftigten MINT-Fachkräften (Massnahmen zur Reduktion der Fluktuation: z.B. Programme zur Förderung der Loyalität der Mitarbeiter/innen) entsprechen grundsätzlich einem Produktivitätsverlust: Bei konstantem Output-Niveau muss mehr Kapital und Arbeit für die Rekrutierung neuer und das Halten bereits beschäftigter MINT-Fachkräfte investiert werden. Inwiefern die mikroökonomischen Auswirkungen den Output tangieren, ist in **Tabelle 14** dahingehend dargestellt, dass die mikroökonomischen Auswirkungen, die den wirtschaftlichen Output in erster Linie direkt tangieren, im oberen Bereich der Tabelle dargestellt sind, die Auswirkungen, die den Output in erster Linie indirekt tangieren, im unteren Tabellenbereich. Der farbliche Übergang macht intuitiv klar, dass es auch mikroökonomische Auswirkungen des MINT-Fachkräftemangels gibt, die den gesamtwirtschaftlichen Output sowohl direkt als auch indirekt tangieren.

Den Wertschöpfungsverlust aufgrund der indirekten Wirkung über Produktivitätsverluste konnten wir im Rahmen dieser Studie nicht detailliert untersuchen und quantifizieren. Aber wir können den Wertschöpfungsverlust aufgrund der direkten Auswirkungen der MINT-Fachkräftelücke auf den gesamtwirtschaftlichen Output abschätzen. Den Wertschöpfungsverlust modellieren wir dabei als Differenz zwischen einem hypothetischen Zustand, in welchem genügend MINT-Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, um die offenen MINT-Stellen bis auf das Niveau der natürlichen Vakanzrate von 2.5% zu besetzen, und dem Zustand in der Realität, in dem offene MINT-Stellen über den Umfang der natürlichen Vakanzrate hinaus nicht besetzt werden können. In dieser Logik kann der Wertschöpfungsverlust infolge des MINT-Fachkräftemangels als Summe der (hypothetischen) Wertschöpfung der offenen MINT-Stellen, die nicht besetzt werden können, weil zu wenig MINT-Fachkräfte auf dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen, verstanden werden. Gemäss der Humankapitaltheorie entspricht in einem Arbeitsmarkt, in dem vollständiger Wettbewerb herrscht, der Lohn einer spezifischen Arbeitskraft deren Grenzproduktivität. Die Annahme eines vollständigen Wettbewerbs auf dem MINT-Arbeitsmarkt ist nicht weiter kritisch. Zum einen, weil auf diesem Markt eine Vielzahl von Anbietern und Nachfragern interagieren, zum anderen weil der Schweizer Arbeitsmarkt im internationalen Vergleich als sehr flexibel gilt. Deshalb kann der Lohn einer MINT-Fachkraft als deren Wertschöpfung interpretiert werden. Der Wertschöpfungsverlust, der in einem Jahr aufgrund des MINT-Fachkräftemangels anfällt, kann deshalb analytisch folgendermassen dargestellt werden:

$$W_y = \sum_{t \in y} \sum_i \left[\frac{\overbrace{S_y^i}^{\text{Brutto-Monatslöh}}}{12} \times \underbrace{\left[N_t^i - \bar{v} (B_t^i + N_t^i) \right]}_{\text{Anzahl Vakanzquoten-bereinigter offener MINT-Stellen}} \right]$$

wobei:

i = Index für die definierten MINT-Kategorien

y = Zeitindex für das Jahr

t = Zeitindex für den Monat

B_t^i = Anzahl beschäftigter MINT-Fachkräfte

A_t^i = Anzahl MINT-Stellensuchender (Angebot)

S_y^i = Brutto-Jahressalär

W_y = Wertschöpfungsverlust

\bar{v} = Natürliche Vakanzquote = 2.5%

(4.1)

Die Berechnungsweise des Wertschöpfungsverlustes gemäss Formel (4.1) unterscheidet sich von derjenigen von Koppel (2008). Koppel hat zur Berechnung des Wertschöpfungsverlustes die Fachkräftelücke herangezogen, während wir der Berechnung die Anzahl offener Stellen, bereinigt um die natürliche Vakanzquote, zugrundelegen. Die beiden Berechnungsweisen führen nur dann zum gleichen Ergebnis, wenn die Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte zufälligerweise mit der Anzahl offener MINT-Stellen im Umfang der natürlichen Vakanzrate übereinstimmt. Dies ist im Normalfall und insbesondere für die Schweiz in den Jahren 2008 und 2009 nicht der Fall: In dieser Periode war die Anzahl Stellensuchender MINT-Fachkräfte substantiell tiefer als die Anzahl offener MINT-Stellen im Umfang der natürlichen Vakanzquote, für die wir 2,5 % angenommen haben. Wie sind aus zwei Gründen der Ansicht, dass die Berechnungsweise von Koppel theoretisch weniger konsistent ist und zu verzerrten Ergebnissen führen kann:

- Indem Koppel (2008) die gesamte Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte in Abzug bringt, berücksichtigt er die Existenz einer natürlichen Arbeitslosenquote nicht.
- In einer Situation, in welcher der MINT-Fachkräftemangel sehr ausgeprägt ist und die Anzahl stellensuchender MINT-Fachkräfte tiefer ist als die Anzahl offener Stellen im Umfang der natürlichen Vakanzquote, überschätzt die Berechnungsweise von Koppel (2008) den Wertschöpfungsverlust, da sie der Existenz der natürlichen Vakanzrate nicht Rechnung trägt.

Allerdings muss eingeräumt werden, dass zumindest für die Schweiz im Jahr 2008 die beiden Berechnungsweise fast zu einem identischen Ergebnis führen. Ehe wir die Ergebnisse unserer Schätzung präsentieren, möchten wir noch auf zwei methodische Details aufmerksam machen:

- Die Brutto-Jahressaläre haben wir der vom Berufsverband Swiss Engineering STV²³ durchgeführten Salärumsfrage entnommen. Die Arbeitgeberbeiträge sind in den publizierten Lohndaten nicht enthalten. Zudem wird in den Publikationen zu den Salärumsfragen von Swiss Engineering STV jeweils der Median ausgewiesen, das arithmetische Mittel ist nicht verfügbar. Aus diesen Gründen haben wir den Wertschöpfungsverlust auf der Basis des Medians kalkuliert, wobei wir den Median mit einem Faktor von 1.15 multiplizierten, so dass auch die Arbeitgeberbeiträge in der Höhe von durchschnittlich 15 % in die Berechnung einfließen. Dies deshalb, weil die Arbeitgeberbeiträge auch einen Lohnbestandteil darstellen.
- Wir haben den Wertschöpfungsverlust für das Jahr 2008 berechnet, da wir für das Jahr 2009 nur für die Monate Januar – März die MINT*-Fachkräftelücke kennen.

Die Ergebnisse unserer Abschätzung des Wertschöpfungsverlustes aufgrund des MINT-Fachkräftemangels sind in **Tabelle 15** dargestellt. Der **Wertschöpfungsverlust** betrug im Jahr 2008 knapp **2.2 Milliarden Franken**. Dieser Betrag kann als substantiell betrachtet werden, da er immerhin **0,41 % des BIP** der Schweiz entspricht. 1.4 Milliarden Franken bzw. 64 % des Wertschöpfungsverlust ist auf den Fachkräftemangel im MINT-Bereich Technik zurückzuführen. Dabei können 1.1 Milliarden Franken, also gerade die Hälfte des gesamten Wertschöpfungsverlustes, auf den Fachkräftemangel in den beiden MINT-Kategorien Elektrotechnik und Maschinentechnik zurückgeführt werden. Der Mangel an MINT-Informatiker/innen verursachte einen Wertschöpfungsverlust von knapp einer halben Milliarde Schweizer Franken.

Aus zwei Gründen kann der von uns berechnete Wertschöpfungsverlust für das Jahr 2008 als konservative Untergrenze interpretiert werden:

- Unser Konzept zur Abschätzung des volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsverlustes berücksichtigt nur die direkte Wirkung auf den Output. Die indirekte Wirkung auf den volkswirtschaftlichen Output, die von erhöhten Kosten ausgelöst werden, konnten wir nicht quantifizieren.
- Unser Konzept zur Abschätzung des volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsverlustes berücksichtigt keine Zweitrundeneffekte. Ein Zweitrundeneffekt ist zum Beispiel dann vorhanden, wenn für eine neu eingestellte Ingenieurin eine Sekretärin eingestellt werden muss, die vorher arbeitslos war. Die Neueinstellung der Ingenieurin löst in diesem Fall «in einer zweiten Runde» einen weiteren Wertschöpfungszuwachs im Umfang des Brutto-Brutto-Jahressalärs der Sekretärin aus.

Letztlich ist festzuhalten, dass der von uns ausgewiesene Wertschöpfungsverlust aufgrund des MINT-Fachkräftemangels nur die kurzfristigen makroökonomischen Auswirkungen berücksichtigt. Ein anhaltender MINT-Fachkräftemangel kann einer exportorientierten Volkswirtschaft, wie die Schweiz eine darstellt, auch langfristig scha-

²³ s. <http://www.swissengineering.ch>

den. So halten Gehrig und Fritschi (2008) mit Verweis auf Koppel (2008) etwa fest: «Die Bedeutung von Humankapital für das Produktivitätswachstum, die Wettbewerbsfähigkeit und damit auch für das ökonomische Wachstum ist sowohl in der empirischen als auch in der theoretischen Literatur unbestritten. Humankapital ist allerdings nicht als homogener Faktor zu betrachten. Dem technischen Humankapital kommt eine sehr hohe Bedeutung zu, da dieses technologische Innovationen entwickelt. Technologische Innovationen wiederum führen insbesondere zu effizienzsteigernden Produktionsprozessen, was in einem Produktivitätswachstum resultiert. Koppel (2007) hält mit Verweis auf empirische Studien fest, dass den «Ingenieuren/-innen als Repräsentanten des besonders innovationsrelevanten Humankapitals» (S. 5) eine herausragende Bedeutung zukommt. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass sich der Bedarf an technischem Humankapital in den letzten drei Jahrzehnten, als direkte Folge der rasanten Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien, stark erhöht hat. In diesem Zusammenhang sprechen Ökonomen gemäss Koppel (2007) von «skill-biased technological change» (S. 5).» (S. 1)

Diese Einschätzung teilt auch der Sachverständigenrat Deutschlands²⁴, der im Jahresgutachten 2007/08 festhält: «Unbestritten ist gerade in einer wissensbasierten Volkswirtschaft wie der deutschen, deren Wachstum vorwiegend auf produktivitätssteigerndem technischen Fortschritt (totale Faktorproduktivität) basiert, die ausreichende Verfügbarkeit qualifizierter und hochqualifizierter Arbeitnehmer als Ausdruck eines hohen und wachsenden Humankapitalbestands von zentraler Bedeutung für das Wachstum des Wohlstands.» (S. 354)

²⁴ s. <http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de>

Tabelle 15: Wertschöpfungsverlust aufgrund des MINT-Fachkräftemangels im Jahr 2008

	Monatsdurchschnittliche, Vakanzquoten-bereinigte Anzahl offener MINT- Stellen ¹	Brutto- Jahres- salär ²	Jährlicher Wertschöpfungsver- lust aufgrund des MINT- Fachkräftemangels	
	abs.	TCHF	Mio. CHF	in % nBIP
Informatik	3 997	105	482,7	0,09 %
Total Informatik	3 997		482,7	0,09 %
Elektrotechnik	4 088	125	587,7	0,11 %
Maschinentechnik	3 466	125	498,2	0,09 %
Mikrotechnik	205	109	25,8	0,00 %
Wirtschaftsingenieurwesen	860	124	122,7	0,02 %
Anderes aus Technik & IT	1 376	110	174,1	0,03 %
Total Technik	9 995		1 408,4	0,26 %
Total IT & Technik	13 993		1 891,1	0,36 %
Bau	707	120	97,5	0,02 %
Planung und Vermessung	110	109	13,8	0,00 %
Architektur	756	109	94,7	0,02 %
Total Bauwesen	1 573		206,1	0,04 %
Chemie	328	123	46,3	0,01 %
Biotechnologie	19	118	2,5	0,00 %
Gesundheit	173	121	24,1	0,00 %
Total Chemie & Life Sciences	520		72,9	0,01 %
Exakte Wissenschaften	165	123	23,4	0,00 %
Total Andere MINT	165		23,4	0,00 %
TOTAL MINT	16 251	119	2 193	0,41 %

Notation: TCHF = Tausend Schweizer Franken, Mio. CHF = Millionen Schweizer Franken, nBIP = nominales Bruttoinlandprodukt.
Anmerkungen: ¹Die Zahlen sind um eine natürliche MINT-Vakanzquote von 2,5 % bereinigt. ²Dargestellt ist der Median der Brutto-Jahressaläre ohne Arbeitgeberbeiträge. Für die Berechnung des Wertschöpfungsverlust wurde der Median mit dem Faktor 1,15 multipliziert, so dass auch die Arbeitgeberbeiträge im Umfang von durchschnittlich 15 % des Brutto-Lohns enthalten sind.

Quelle: Fachkräftelücke: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009), Arbeitsmarktstatistik (SECO), eigene Berechnungen, Brutto-Jahressalär: Swiss Engineering (2008)

5 Ursachen des MINT-Fachkräftemangels

Mit Kapitel 3 haben wir die folgenden Hauptkenntnisse gewonnen:

- **Erstens:** Die MINT-Fachkräftelücke hat seine Ursache in einer **erhöhten Nachfrage** nach qualifizierten MINT-Fachkräften im Sinne eines skill-biased technological change²⁵. Seit 1950 hat sich der Anteil von offenen MINT-Stellen am Total aller offenen Stellen etwa verzehnfacht. Das Angebot an MINT-Fachkräften ist zumindest seit 1990 nicht gesunken. Die Fachkräftelücke ist also nachfrageseitig verursacht.
- **Zweitens:** Die MINT-Fachkräftelücke ist sehr stark konjunkturell beeinflusst. Im Abschnitt 3.1 konnten wir den konjunkturellen Einfluss quantifizieren, so dass wir letztlich in der Lage waren, die strukturelle MINT-Fachkräftelücke zu isolieren. Diese beträgt rund 12 000 fehlende MINT-Fachkräfte, wenn man davon ausgeht, dass der langfristige Wachstumspfad der Schweizer Volkswirtschaft mit einem Wachstum des realen BIP im Umfang von 2,0 % pro Jahr beschrieben werden kann.
- **Drittens:** Wir konnten nachweisen, dass bezüglich dem MINT-Arbeitsmarkt kein Marktversagen vorliegt: Der Arbeitsmarkt ist flexibel, so dass sich veränderte Knappheitsverhältnisse auf dem MINT-Arbeitsmarkt zeitnah auf die Reallöhne auswirken.
- **Viertens:** Die Ergebnisse einer deskriptiven und einer multivariaten Analyse des Zusammenhangs zwischen der MINT-Fachkräftelücke und der MINT-Studieneintritten deuten daraufhin, dass die Knappheitsverhältnisse auf dem Arbeitsmarkt den Studienfachentscheid mittelfristig kaum beeinflussen. Ein Marktversagen in dem Sinne, dass sich die Entwicklung der MINT-Studieneintritten von den Entwicklungen auf dem MINT-Arbeitsmarkt abgekoppelt haben, kann nicht ausgeschlossen werden.

Mit Blick auf allfällige staatliche Massnahmen gegen den MINT-Fachkräftemangel führen diese Beobachtungen unmittelbar zu der Fragestellung, welche Faktoren den Studienfachentscheid pro, und welche Faktoren den Studienfachentscheid contra MINT beeinflussen. Die wissenschaftliche Literatur zum Thema Studienfachentscheid, die wir im Rahmen einer früheren Studie zum Ingenieurmangel (Gehrig und Fritschi 2008) gesichtet haben, legt nahe, dass Massnahmen gegen den MINT-Fachkräftemangel, die erst auf der Sekundarstufe II oder sogar noch später einsetzen, wirkungslos sind und nicht zielführend sein können, weil die Weichenstellung pro oder contra MINT am Ende der Sekundarstufe I mehr oder weniger abgeschlossen ist. Dies wird damit begründet, dass der Studienfachentscheid in erster Linie vom Interesse abhängt, das am Ende der Sekundarstufe I stabilisiert sei und dementsprechend nicht mehr verändert werden könne. Der Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I verstärkt die determinierende Wirkung des persistenten Interesses dahingehend, dass der Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II sehr stark mit dem diesem am Ende der Sekundarstufe I gekoppelt ist.

Aus diesem Grund werden wir in diesem Kapitel zu den Ursachen des MINT-Fachkräftemangels darauf konzentrieren, welche Eigenschaften, die den Schüler/innen am Ende der Sekundarstufe I eigen sind, dafür verantwortlich sind, ob sich diese Schüler/innen später für oder gegen ein MINT-Studium entscheiden werden.

5.1 Methodik

Das Forschungsziel haben wir soeben in den einleitenden Worten zu diesem Kapitel zu den Ursachen des MINT-Fachkräftemangels formuliert. Methodisch werden wir dieses mittels einer quantitativen Analyse des sogenannten TREE-Datensatz verfolgen. Beim Forschungsprojekt «TRansitionen von der Erstausbildung ins Erwerbsleben», kurz TREE, handelt es sich um eine nationale Längsschnittuntersuchung zum Übergang Jugendlicher von der Schule ins Erwachsenenleben (Transition). Im Zentrum der Untersuchung stehen die Ausbildungs- und Erwerbsverläufe nach Austritt aus der obligatorischen Schule. Die TREE-Stichprobe umfasst rund 6 000 Jugendliche, die im Jahr 2000 am Projekt PISA teilnahmen und im selben Jahr aus der obligatorischen Schulpflicht entlassen wurden. Bei dem «Programme for International Student Assessment», kurz PISA, handelt es sich um eine internationale Schulleistungsstudie, an der die meisten OECD-Staaten sowie zunehmend mehr Partnerstaaten teilnehmen. Die rund 6 000 15-jährigen Schülerinnen und Schüler, die im Jahr 2000 bei der PISA-Studie mitgemacht haben, sind unterdessen nun etwa 25jährig, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die meisten von ihnen sich unterdessen entschieden haben, eine MINT-Fachkraft zu werden oder aber einen anderen beruflichen Weg zu gehen. Dabei gehen wir davon aus, dass

²⁵ s. Abschnitt 1.3 für eine Erklärung dieses Anglizismus’.

sich eine PISA-Schülerin oder ein PISA-Schüler dann entschieden hat, eine MINT-Fachkraft zu werden, wenn sie bzw. er unterdessen in einen MINT-Studiengang der Stufe ISCED 5A eingetreten ist.

Im Rahmen des Projekts TREE wurden die 15-jährigen Schüler und Schülerinnen, die im Jahr 2000 bei PISA mitgemacht haben, in 7 Befragungswellen in den Jahren 2001- 2007 zu ihrem weiteren beruflichen Werdegang befragt, wobei die 7 Wellen in drei Phasen eingeteilt werden können:

- **Phase 1 (2000 bis und mit 2003):** In den 3 Befragungswellen in dieser Phase stand der Übergang von der Sekundarstufe I in die Sekundarstufe II im Vordergrund der Befragung.
- **Phase 2 (2004 bis und mit 2007):** In diesen 4 Befragungswellen stand die Transition von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe oder in das Erwerbsleben im Vordergrund der Befragung.
- **Phase 3: (2008 bis und mit 2012):** Eine weitere Befragungswelle ist für das Jahr 2010 geplant. Dabei stehen die Übergänge in und aus der Tertiärstufe sowie die Konsolidierung des Erwerbslebens im Vordergrund.

TREE bietet optimale Voraussetzungen, um anhand von individuellen Paneldaten erstens diejenigen Variablen zu identifizieren, die den Entscheid, eine MINT*-Fachkraft zu werden, signifikant beeinflussen, und zweitens diesen Einfluss quantitativ zu erfassen.

Die Identifikation der Eigenschaften, welche die Wahrscheinlichkeit tangieren, später eine MINT-Fachkraft zu werden, werden wir mittels einer explorativen Datenanalyse vornehmen, die im Abschnitt 5.3 dargestellt ist. Im Abschnitt 5.4 werden wir den Einfluss der relevanten Variablen dann in einem zweiten Schritt mittels einem multivariaten Logit-Modell quantifizieren. Zuerst jedoch sind im nachfolgenden Abschnitt die TREE-Stichprobe und die Untersuchungsstichprobe, die eine Teilmenge der TREE-Stichprobe darstellt, näher beschrieben.

5.2 Die TREE-Stichprobe und die Untersuchungsstichprobe

Einleitend möchten wir auf eine begriffliche Unterscheidung aufmerksam machen:

- **TREE-Stichprobe (N = 6'343):** Unter «Tree-Stichprobe» verstehen wir diejenigen 6'343 PISA-2000-Schüler/innen, die in die Stichprobe von TREE Eingang gefunden haben. Dabei handelt es sich nicht um alle Schüler/innen, die im Jahr 2000 an der PISA-Untersuchung mitgemacht haben, sondern nur um einen Teil derselben. Die TREE-Stichprobe kann insofern als Teilmenge der PISA-Stichprobe bezeichnet werden.
- **Untersuchungsstichprobe (N = 3'784):** Unter «Untersuchungsstichprobe» verstehen wir die Stichprobe, welche den deskriptiven und multivariaten Analysen, die wir in den nachfolgenden Abschnitten diskutieren werden, zugrunde liegt. Die Untersuchungsstichprobe ist eine Teilmenge der TREE-Stichprobe (N = 6'343) und umfasst N = 3'784 Schüler/innen, die im Jahr 2000 bei der PISA-Untersuchung mitgemacht haben und in der Folge im Rahmen des Projekt TREE befragt wurden. Die Differenz zwischen der TREE-Stichprobe und der Untersuchungsstichprobe in der Höhe von 2'559 Schüler/innen ist darauf zurückzuführen, dass wir für diese aufgrund der verfügbaren Informationen in der TREE-Datenbank nicht feststellen konnten, ob sie sich für oder dagegen entschieden haben, eine MINT-Fachkraft zu werden. Die 2'559 Schüler/innen können dementsprechend als «Missings» bezeichnet werden.

Unser Hauptziel war, die Teilnehmenden der TREE-Befragungswellen hinsichtlich dem Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, zu untersuchen. Hierfür mussten diese hinsichtlich ihrer Bildungsbiografie kodiert werden, wobei folgende Gruppen differenzierbar waren:

- **Sekundarstufe I:** Untergymnasium (UG), Schulen mit erweiterten Ansprüchen (EA), Schulen mit Grundansprüchen (GA) und Schulen ohne Selektion (OS)
- **Sekundarstufe II:** Gymnasium (Gym.), Fachmittelschulen mit Fachmaturität (F.m.BM), Fachmittelschulen ohne Fachmaturität (F.o.BM), Berufslehre mit Berufsmaturität (L.m.BM), Berufslehre ohne Berufsmaturität (L.o.BM), Erwerbsarbeit, Missings
- **Tertiärstufe:** Universitäre Hochschulen (UH), Fachhochschulen (FH), Höhere Fachschulen (HF), MINT-UH-Studiengang, MINT-FH-Studiengang, MINT-Studiengang, MINT*-Studiengang, Erwerbsarbeit (Arbeit), Missings (Ms)

Unter der Kategorie «Missings» sind zum einen TREE-Teilnehmende verbucht, für welche eine Kategorisierung nicht möglich ist, da die entsprechenden Informationen nicht verfügbar sind. Zum anderen sind der Kategorie «Missings» der Tertiärstufe auch TREE-Teilnehmende subsummiert, für die es aufgrund der Informationen in der TREE-Datenbank noch unklar ist, ob sie noch eine MINT-Fachkraft werden. In

Tabelle 16 (Männer und Frauen), **Tabelle 17** (Männer) und **Tabelle 18** (Frauen) sind die dreistufige Bildungsbiografie bzw. die Übergänge von der Sekundarstufe I in die Sekundarstufe II und von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe für die aufgeführten Gruppen dargestellt.

Die Tabellen lesen sich in von links oben (Sekundarstufe I) nach rechts oben (Sekundarstufe II) und dann nach unten (Tertiärstufe). Der Einfachheit halber möchten wir die Struktur dieser Tabellen anhand eines Beispiels in **Tabelle 16** illustrieren (Lesebeispiel):

- **Tabellenbereich «Sekundarstufe I»:** In der TREE-Stichprobe gibt es insgesamt 6 343 Teilnehmende. Davon haben 2 330 auf der Sekundarstufe I ein Untergymnasium besucht, was einem Anteil von 37% entspricht.
- **Übergang von der Sekundarstufe I in die Sekundarstufe II:** 1 277 bzw. 55 % von den 2 330 Personen, die ein Untergymnasium besucht haben, sind in ein Gymnasium übergetreten.
- **Tabellenbereich «Sekundarstufe II»:** Die 1 277 Personen, die ein Untergymnasium besucht haben, machen 74% an allen Personen aus, die auf der Sekundarstufe II ein Gymnasium besuchen. Die restlichen 26% kamen aus Schulen mit erweiterten Ansprüchen (303), Schulen mit Grundansprüchen (71) oder aus Schulen ohne Selektion (84). Insgesamt besuchen auf der Sekundarstufe II von den 6 343 TREE-Teilnehmenden 1 735 Personen ein Gymnasium.
- **Übergang von der Sekundarstufe I in die Tertiärstufe:** Von den 1 735 TREE-Teilnehmenden, die auf der Sekundarstufe II ein Gymnasium besucht haben, sind unterdessen 22 Personen (2 %) ins Erwerbsleben übergetreten, 28 (2 %) in eine höhere Fachschule, 235 (16 %) in eine Fachhochschule und 1 140 (80 %) in einer universitären Hochschule. Von 310 (Missings) konnte nicht ermittelt werden, was sie nach dem gymnasialen Lehrgang gemacht haben. Insgesamt sind 177 der 1 735 Personen, die auf der Sekundarstufe II ein Gymnasium besucht haben, in einen MINT-Studiengang eingetreten, 127 in einen MINT*-Studiengang.
- **Tabellenbereich Tertiärstufe:** Insgesamt wissen wir für 3 784 (Total I) TREE-Teilnehmenden, ob sie sich dafür oder dagegen entschieden haben, eine MINT-Fachkraft zu werden. Von 2 539 Personen (Missings: Ms) wissen wir nicht, ob und wie sie sich entschieden haben. Dies entweder, weil die Bildungsbiografie anhand der TREE-Daten nicht nachvollzogen werden konnte, oder, weil noch nicht abschliessend gesagt werden kann, ob die betreffenden Personen noch MINT-Fachkräfte werden. Von den 3 784 TREE-Teilnehmenden, für die die Entscheidungsinformation vorliegt, haben sich 317 TREE-Teilnehmende (8 % der Untersuchungsstichprobe) dafür entschieden, eine MINT-Fachkraft zu werden (bzw. in einen MINT-Studiengang der Stufe ISCED 5A einzutreten). Von diesen haben 136 vorher eine Berufslehre absolviert (125 davon mit Berufsmaturität), nur gerade 4 eine Fachmittelschule und 177 ein Gymnasium.

Tabelle 17 und **Tabelle 18** zeigen die grossen geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich des Entscheides für MINT-Studiengänge, die hier vorerst nicht weiter kommentiert werden.

In den Tabellen ist grundsätzlich die gesamte TREE-Stichprobe dargestellt. Allerdings zeigen sie auch die Untersuchungsstichprobe und deren Struktur. Denn die Untersuchungsstichprobe umfasst einfach all jene TREE-Teilnehmende, die im Tabellenbereich «Tertiärstufe (T3)» aufgeführt sind und dort nicht der Gruppe der Missings (Ms) angehören. Die Zwischensumme «Total I» in diesem Tabellenbereich zeigt jeweils den Umfang der Untersuchungsstichprobe.

Tabelle 16: Die TREE-Stichprobe: Männer und Frauen

		Sekundarstufe II (S2)												
		Total II	Über- gang S1 zu S2	Ms	Total I	Arbeit	Lehre			FMS		Gym.		
							Lehre	L.o.BM	L.m.BM	FMS	F.o.BM	F.m.BM		
Sekundarstufe I (S1)	Anzahl	UG	2 330	→	157	2 173	21	619			256		1 277	
		EA	2 028	→	229	1 799	23	1 238			235		303	
		GA	1 626	→	259	1 367	60	1 085			151		71	
		OS	359	→	28	331	12	178			57		84	
		Total	6 343	→	673	5 670	116	3 120	2 472	648	699	550	149	1 735
	Vertikal in %	UG	37 %	→	23 %	38 %	18 %	20 %			37 %		74 %	
		EA	32 %	→	34 %	32 %	20 %	40 %			34 %		17 %	
		GA	26 %	→	38 %	24 %	52 %	35 %			22 %		4 %	
		OS	6 %	→	4 %	6 %	10 %	6 %			8 %		5 %	
		Total	100 %	→	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Horizontal in %	UG	100 %	→	7 %	93 %	1 %	27 %			11 %		55 %	
		EA	100 %	→	11 %	89 %	1 %	61 %			12 %		15 %	
		GA	100 %	→	16 %	84 %	4 %	67 %			9 %		4 %	
		OS	100 %	→	8 %	92 %	3 %	50 %			16 %		23 %	
		Total	100 %	→	11 %	89 %	2 %	49 %	39 %	10 %	11 %	9 %	2 %	27 %
			↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Tertiärstufe (T3)	Anzahl	Arbeit	1 597			1 597	116	1 333	1 136	197	146	116	30	22
		HF	329		49	280		166	124	42	86	74	12	28
		FH	690		2	688		276	37	239	177	131	46	235
		MINT FH	145			145		125	11	114	4	2	2	16
		UH	1 168			1 168		20	2	18	8	6	2	1 140
		MINT UH	172			172		11		11				161
		MINT	317			317		136	11	125	4	2	2	177
		MINT*	257			257		127	10	117	3	1	2	127
		Total I	3 784		51	3 733	116	1 795	1 299	496	417	327	90	1 425
		Ms	2 539		622	1 917		1 325	1 173	152	282	223	59	310
	Total II	6 323		673	5 650	116	3 120	2 472	648	699	550	149	1 735	
	V%	Ms	40 %		92 %	34 %		42 %	47 %	23 %	40 %	41 %	40 %	18 %
	H%	Ms	100 %		24 %	76 %		52 %	46 %	6 %	11 %	9 %	2 %	12 %
	Vertikal in % ¹	Arbeit	42 %			43 %	100 %	74 %	87 %	40 %	35 %	35 %	33 %	2 %
		HF	9 %		96 %	8 %		9 %	10 %	8 %	21 %	23 %	13 %	2 %
		FH	18 %		4 %	18 %		15 %	3 %	48 %	42 %	40 %	51 %	16 %
MINT FH		4 %			4 %		7 %	1 %	23 %	1 %	1 %	2 %	1 %	
UH		31 %			31 %		1 %	0 %	4 %	2 %	2 %	2 %	80 %	
MINT UH		5 %			5 %		1 %		2 %				11 %	
MINT		8 %			8 %		8 %	1 %	25 %	1 %	1 %	2 %	12 %	
MINT*		7 %			7 %		7 %	1 %	24 %	1 %	0 %	2 %	9 %	
Total I		100 %		100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Horizontal in % ¹		Arbeit	100 %			100 %	7 %	83 %	71 %	12 %	9 %	7 %	2 %	1 %
	HF	100 %		15 %	85 %		50 %	38 %	13 %	26 %	22 %	4 %	9 %	
	FH	100 %			100 %		40 %	5 %	35 %	26 %	19 %	7 %	34 %	
	MINT FH	100 %			100 %		86 %	8 %	79 %	3 %	1 %	1 %	11 %	
	UH	100 %			100 %		2 %	0 %	2 %	1 %	1 %	0 %	98 %	
	MINT UH	100 %			100 %		6 %		6 %				94 %	
	MINT	100 %			100 %		43 %	3 %	39 %	1 %	1 %	1 %	56 %	
	MINT*	100 %			100 %		49 %	4 %	46 %	1 %	0 %	1 %	49 %	
Total I	100 %		1 %	99 %	3 %	47 %	34 %	13 %	11 %	9 %	2 %	38 %		

Anmerkungen: ¹Anteile beziehen sich auf das Total ohne Missings (Ms)

Notation: UG = Untergymnasium, EA = Schule mit erweiterten Ansprüchen, GA = Schule mit Grundansprüchen, OS: Schule ohne Selektion, HF = Höhere Fachschulen, FH = Fachhochschulen, UH = Universitäre Hochschulen, Ms = Missings, Total I = Summe exkl. Missings (Ms), Total II = Summe inkl. Missings (Ms) = Total I + Ms

Quelle: TREE, eigene Kodierungen und Berechnungen

Tabelle 17: Die TREE-Stichprobe: Männer

		Sekundarstufe II (S2)												
		Total II	Über- gang S1 zu S2	Ms	Total I	Arbeit	Lehre			FMS		Gym.		
							Lehre	L.o.BM	L.m.BM	FMS	F.o.BM	F.m.BM		
Sekundarstufe (S1)	Anzahl	UG	999	→	78	921	11	333			79		498	
		EA	911	→	101	810	9	617			53		131	
		GA	826	→	141	685	27	580			56		22	
		OS	163	→	11	152	5	93			21		33	
		Total	2'899	→	331	2'568	52	1'623	1'255	368	209	150	59	684
	Vertikal in %	UG	34%	→	24%	36%	21%	21%			38%		73%	
		EA	31%	→	31%	32%	17%	38%			25%		19%	
		GA	28%	→	43%	27%	52%	36%			27%		3%	
		OS	6%	→	3%	6%	10%	6%			10%		5%	
		Total	100%	→	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Horizontal in %	UG	100%	→	8%	92%	1%	33%	0%	0%	8%	0%	0%	50%
		EA	100%	→	11%	89%	1%	68%	0%	0%	6%	0%	0%	14%
		GA	100%	→	17%	83%	3%	70%	0%	0%	7%	0%	0%	3%
		OS	100%	→	7%	93%	3%	57%	0%	0%	13%	0%	0%	20%
		Total	100%	→	11%	89%	2%	56%	43%	13%	7%	5%	2%	24%
	Übergang S2 zu T3		↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Tertiärstufe (T3)	Anzahl	Arbeit	731			731	52	614	527	87	57	49	8	8
		HF	128		3	125		100	78	22	16	10	6	9
		FH	294			294		198	23	175	41	17	24	55
		MINT												
		FH	129			129		113	10	103	4	2	2	12
		UH	484			484		15	1	14	2	2		467
		MINT												
		UH	124			124		10		10				114
		MINT	253			253		123	10	113	4	2	2	126
		MINT*	217			217		115	9	106	3	1	2	99
	Total I	1'637		3	1'634	52	927	629	298	116	78	38	539	
	Ms	1'262		328	934	696	626	70	93	72	21	145		
	Total II	2'899		331	2'568	52	1'623	1'255	368	209	150	59	684	
	V%	Ms	44%		99%	36%	0%	43%	50%	19%	44%	48%	36%	21%
	H%	Ms	100%		26%	74%	0%	55%	50%	6%	7%	6%	2%	11%
	Vertikal in % ¹	Arbeit	45%			45%	100%	66%	84%	29%	49%	63%	21%	1%
HF		8%		100%	8%		11%	12%	7%	14%	13%	16%	2%	
FH		18%			18%		21%	4%	59%	35%	22%	63%	10%	
MINT														
FH		8%			8%		12%	2%	35%	3%	3%	5%	2%	
UH		30%			30%		2%	0%	5%	2%	3%		87%	
MINT														
UH		8%			8%		1%		3%				21%	
MINT		15%			15%		13%	2%	38%	3%	3%	5%	23%	
MINT*		13%			13%		12%	1%	36%	3%	1%	5%	18%	
Total I		100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Arbeit		100%			100%	7%	84%	72%	12%	8%	7%	1%	1%	
HF		100%		2%	98%		78%	61%	17%	13%	8%	5%	7%	
FH		100%			100%		67%	8%	60%	14%	6%	8%	19%	
MINT														
FH		100%			100%		88%	8%	80%	3%	2%	2%	9%	
UH	100%			100%		3%	0%	3%	0%	0%		96%		
MINT														
UH	100%			100%	8%		8%					92%		
MINT	100%			100%	49%	4%	45%	2%	1%	1%	1%	50%		
MINT*	100%			100%	53%	4%	49%	1%	0%	1%	1%	46%		
Total I	100%		100%	100%	3%	57%	38%	18%	7%	5%	2%	33%		

Anmerkungen: ¹Anteile beziehen sich auf das Total ohne Missings (Ms)

Notation: UG = Untergymnasium, EA = Schule mit erweiterten Ansprüchen, GA = Schule mit Grundansprüchen, OS: Schule ohne Selektion, HF = Höhere Fachschulen, FH = Fachhochschulen, UH = Universitäre Hochschulen, Ms = Missings, Total I = Summe exkl. Missings (Ms), Total II = Summe inkl. Missings (Ms) = Total I + Ms

Quelle: TREE, eigene Kodierungen und Berechnungen

Tabelle 18: Die TREE-Stichprobe: Frauen

		Sekundarstufe II (S2)												
		Total II	Über- gang S1 zu S2	Ms	Total I	Arbeit	Lehre			FMS		Gym.		
							Lehre	L.o.BM	L.m.BM	FMS	F.o.BM	F.m.BM		
Sekundarstufe I (S1)	Anzahl	UG	1'331	→	79	1 252	10	286			177		779	
		EA	1'117	→	128	989	14	621			182		172	
		GA	800	→	118	682	33	505			95		49	
		OS	196	→	17	179	7	85			36		51	
		Total	3'444	→	342	3 102	64	1'497	1 217	280	490	400	90	1'051
	Vertikal in %	UG	39%	→	23%	40%	16%	19%			36%		74%	
		EA	32%	→	37%	32%	22%	41%			37%		16%	
		GA	23%	→	35%	22%	52%	34%			19%		5%	
		OS	6%	→	5%	6%	11%	6%			7%		5%	
		Total	100%	→	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Horizontal in %	UG	100%	→	6%	94%	1%	21%			13%		59%	
		EA	100%	→	11%	89%	1%	56%			16%		15%	
		GA	100%	→	15%	85%	4%	63%			12%		6%	
		OS	100%	→	9%	91%	4%	43%			18%		26%	
		Total	100%	→	10%	90%	2%	43%	35%	8%	14%	12%	3%	31%
	Übergang S2 zu T3			↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Tertiärstufe (T3)	Anzahl	Arbeit	886			886	64	719	609	110	89	67	22	14
		HF	201		46	155		66	46	20	70	64	6	19
		FH	396		2	394		78	14	64	136	114	22	180
		MINT FH	16			16		12	1	11				4
		UH	684			684		5	1	4	6	4	2	673
		MINT UH	48			48		1		1				47
		MINT	64			64		13	1	12				51
		MINT*	40			40		12	1	11				28
		Total I	2'167		48	2 119	64	868	670	198	301	249	52	886
		Ms	1'277		294	983		629	547	82	189	151	38	165
	Total II	3'444		342	3 102	64	1 497	1'217	280	490	400	90	1'051	
	V%	Ms	37%		86%	32%	0%	42%	45%	29%	39%	38%	42%	16%
	H%	Ms	100%		23%	77%	0%	49%	43%	6%	15%	12%	3%	13%
	Vertikal in % ¹	Arbeit	41%			42%	100%	83%	91%	56%	30%	27%	42%	2%
		HF	9%		96%	7%		8%	7%	10%	23%	26%	12%	2%
		FH	18%		4%	19%		9%	2%	32%	45%	46%	42%	20%
MINT FH		1%			1%		1%	0%	6%				0%	
UH		32%			32%		1%	0%	2%	2%	2%	4%	76%	
MINT UH		2%			2%		0%		1%				5%	
MINT		3%			3%		1%	0%	6%				6%	
MINT*		2%			2%		1%	0%	6%				3%	
Total I		100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Total II		100%		2%	98%	3%	40%	31%	9%	14%	11%	2%	41%	
Horizontal in % ¹	Arbeit	100%			100%	7%	81%	69%	12%	10%	8%	2%	2%	
	HF	100%		23%	77%		33%	23%	10%	35%	32%	3%	9%	
	FH	100%		1%	99%		20%	4%	16%	34%	29%	6%	45%	
	MINT FH	100%			100%		75%	6%	69%				25%	
	UH	100%			100%		1%	0%	1%	1%	1%	0%	98%	
	MINT UH	100%			100%		2%		2%				98%	
	MINT	100%			100%		20%	2%	19%				80%	
	MINT*	100%			100%		30%	3%	28%				70%	
Total I	100%		2%	98%	3%	40%	31%	9%	14%	11%	2%	41%		

Anmerkungen: ¹Anteile beziehen sich auf das Total ohne Missings (Ms)

Notation: UG = Untergymnasium, EA = Schule mit erweiterten Ansprüchen, GA = Schule ohne Selektion, HF = Höhere Fachschulen, FH = Fachhochschulen, UH = Universitäre Hochschulen, Ms = Missings, Total I = Summe exkl. Missings (Ms), Total II = Summe inkl. Missings (Ms) = Total I + Ms

Quelle: TREE, eigene Kodierungen und Berechnungen

Wir möchten kurz die Bildungsstruktur der TREE-Stichprobe und der Untersuchungsstichprobe mit der Bildungsstruktur des Universums dieser Stichprobe vergleichen. Dieses Universum kann als Gesamtheit aller in der Schweiz lebenden Personen definiert werden, die im Jahr 2000 im letzten Ausbildungsjahr der Sekundarstufe I waren. Zudem gehen wir davon aus, dass der Schulabschluss-Jahrgang 2000 im Jahr 2004 die Ausbildung auf der Sekundarstufe II abgeschlossen hat und im Jahr 2006 (allenfalls) in die Tertiärstufe eingetreten ist. Dies trifft natürlich nicht für alle Personen im Universum zu, so dass der Vergleich nur approximativ korrekt ist.

Die Ergebnisse sind in **Tabelle 19** dargestellt. Im **ersten Tabellenbereich** werden die Quoten der TREE-Antwortenden, für welche bekannt ist, welche Ausbildung sie auf der Sekundarstufe II absolviert haben, mit den Quoten gemäss dem Bundesamt für Statistik verglichen. Dies zeigt, dass die gymnasiale Maturitätsquote und die Berufsmaturitätsquote in der TREE-Stichprobe zu hoch und die Abschlussquote der beruflichen Grundbildung zu tief sind. Diese Verzerrung ist noch stärker, wenn man, wie im **zweiten Tabellenbereich** dargestellt, die entsprechenden Quoten nur für jene TREE-Teilnehmenden berechnet, für die wir wissen, ob sie sich dafür oder dagegen entschieden haben, eine MINT-Fachkraft zu werden (Untersuchungsstichprobe). Diese starke Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass sich unter den TREE-Teilnehmenden, für die wir den Entscheid nicht kennen, überproportional viele Individuen finden, die eine Berufslehre ohne Berufsmaturität oder aber überhaupt keine Ausbildung auf der Sekundarstufe II absolviert haben. Im **dritten Tabellenbereich** schliesslich sind die verschiedenen Quoten für die Ausbildungen auf der Tertiärstufe dargestellt. Der Vergleich mit den Quoten des Universums zeigt, dass in der Untersuchungsstichprobe die Eintrittsquote FH, insbesondere aber die Eintrittsquote UH zu hoch ist. Der Anteil der Studierenden, die sich für einen MINT-Studiengang entschieden haben, ist dabei etwas tiefer als in der Realität.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Untersuchungsstichprobe keine uneingeschränkte Repräsentativität für die Verhältnisse in der ganzen Schweiz aufweist. Sie überschätzt die Maturitätsquote und die Studierquote, während der MINT-Anteil an den Studierenden etwas zu tief ist.

Diese Verzerrung in der Stichprobe führt a priori jedoch nicht zu einer Verzerrung der Ergebnisse, die wir in den nachfolgenden Abschnitten präsentieren werden. Eine Verzerrung der Ergebnisse würden nur dann resultieren, wenn sich diejenigen Individuen der TREE-Stichprobe, die keinen Maturitätslehrgang absolviert haben, qualitativ von denjenigen Personen der TREE-Stichprobe unterscheiden würden, die auch keinen Maturitätslehrgang absolviert haben, in der Untersuchungsstichprobe jedoch enthalten sind. Die Verzerrung im absoluten Niveau der Anteilswert ist nicht gravierend angesichts des Ziels, den Fluss über die verschiedenen Bildungsstufen zu analysieren und nicht die Bildungsstruktur des Universums.

Tabelle 19: Die Untersuchungsstichprobe im Vergleich zum Universum

Basisjahr der BFS-Daten	Kennzahl	Total			Männer			Frauen		
		U	TS	Δ	U	TS	Δ	U	TS	Δ
TREE-Stichprobe (TS): Bildungsstruktur bezüglich der Sekundarstufe II										
2004	Maturitätsquote	30,1 %	44,7 %	14,6 %	28,5 %	43,3 %	14,8 %	31,7 %	45,8 %	14,1 %
2004	Gymnasiale Maturitätsquote	18,6 %	30,6 %	12,0 %	15,6 %	26,6 %	11,0 %	21,8 %	33,9 %	12,1 %
2004	Berufsmaturitätsquote	11,4 %	14,1 %	2,7 %	12,9 %	16,6 %	3,7 %	9,9 %	11,9 %	2,0 %
2004	Abschlussquote der beruflichen Grundbildung	65,6 %	55,0 %	-10,6 %	72,4 %	63,2 %	-9,2 %	0,6 %	48,3 %	47,7 %
Basisjahr der BFS-Daten	Kennzahl	Total			Männer			Frauen		
		U	US	Δ	U	US	Δ	U	US	Δ
Untersuchungsstichprobe (US): Bildungsstruktur bezüglich der Sekundarstufe II										
2004	Maturitätsquote	30,1 %	53,9 %	23,8 %	28,5 %	53,5 %	25,0 %	31,7 %	53,6 %	21,9 %
2004	Gymnasiale Maturitätsquote	18,6 %	38,2 %	19,6 %	15,6 %	33,0 %	17,4 %	21,8 %	41,8 %	20,0 %
2004	Berufsmaturitätsquote	11,4 %	15,7 %	4,3 %	12,9 %	20,6 %	7,7 %	9,9 %	11,8 %	1,9 %
2004	Abschlussquote der beruflichen Grundbildung	65,6 %	48,1 %	-17,5 %	72,4 %	56,7 %	-15,7 %	0,6 %	41,0 %	40,4 %
Untersuchungsstichprobe (US): Bildungsstruktur bezüglich der Stufe ISCED 5A										
2006	Eintrittsquote FH	16,5 %	18,2 %	1,7 %	16,1 %	18,0 %	1,9 %	16,9 %	18,3 %	1,4 %
2006	Eintrittsquote UH	18,9 %	30,9 %	12,0 %	17,9 %	29,6 %	11,7 %	19,9 %	31,6 %	11,7 %
2006	Anteil MINT an FH-Eintritten	25,8 %	21,0 %	-4,8 %	n.a.	43,9 %	n.a.	n.a.	4,0 %	n.a.
2006	Anteil MINT an UH-Eintritten	22,5 %	14,7 %	-7,8 %	n.a.	25,6 %	n.a.	n.a.	7,0 %	n.a.
2006	Anteil MINT* an UH- und FH-Eintritten	16,6 %	13,8 %	-2,8 %	n.a.	27,9 %	n.a.	n.a.	3,7 %	n.a.

Notation: U = Universum (gemäss BFS), TS = TREE-Stichprobe, US = Untersuchungsstichprobe, Δ = Differenz (in Prozentpunkten) zwischen Universum und TREE-Stichprobe bzw. Untersuchungsstichprobe
 Quelle: TREE, Bundesamt für Statistik, eigene Berechnungen

5.3 Deskriptive Analyse

Um die Variablen, welche die Bildungsbiografie und dabei insbesondere die Wahl einer MINT-Fachrichtung auf der Tertiärstufe ISCED 5A beeinflussen, mittels deskriptiver, univariater Analysemethoden zu identifizieren, haben wir in einem ersten Schritt die Untersuchungsstichprobe in fünf Gruppen geteilt:

- «Alle»: Alle Personen (Untersuchungsstichprobe).
- «Matura»: Personen, die über eine gymnasiale Maturität oder über eine Berufsmaturität verfügen.
- «5A»: Personen, die in einen Studiengang der Stufe ISCED 5A eingetreten sind.
- «MINT»: Personen, die in einen MINT-Studiengang der Stufe ISCED 5A eingetreten sind.
- «MINT*»: Personen, die in einen MINT*-Studiengang der Stufe ISCED 5A eingetreten sind.

Da die fünf Gruppen als Mengen verstanden werden können, die aus Individuen bestehen, die bestimmten Kriterien aufweisen, gelten unter den fünf Gruppen bzw. Mengen die folgenden Relationen:

$$MINT^* \subset MINT \subset 5A \subset Matura \subset Alle \quad (5.1)$$

Formel (5.1) sagt nichts anderes aus, als dass die Gruppe «MINT*» eine Teilmenge der Gruppe «MINT» ist, die wiederum eine Teilmenge der Gruppe «5A» darstellt etc. Aufbauend auf der Definition der fünf Gruppen können die folgenden vier weitere «Komplementärgruppen» mengentheoretisch definiert werden:

- **KMatura** = Alle\Matura: Personen, die keine Maturität haben.
- **K5A** = Matura\5A: Personen, die eine Matura haben, jedoch nicht in ein Studium der Stufe ISCED 5A eingetreten sind.
- **KMINT** = 5A\MINT: Personen, die in ein Studium auf der Stufe ISCED 5A eingetreten sind, wobei die Studienrichtung keine MINT-Fachrichtung ist.
- **KMINT*** = MINT\MINT*: Personen, die in einen MINT-Studiengang eingetreten sind, der jedoch kein MINT*-Studiengang ist.

In einem **zweiten Schritt** haben wir die Ausprägungen von rund 50 PISA-Variablen in den fünf gebildeten Gruppen miteinander verglichen, so dass diejenigen Variablen, für die ein Zusammenhang mit der Bildungsbiografie bzw. ein Zusammenhang mit dem Eintritt in einen tertiären MINT-Studiengang besteht, identifiziert werden konnten.

In Tabelle 22 und Tabelle 23 sind die Ergebnisse dieser explorativen deskriptiven Analyse dargestellt. Dabei haben wir die Variablen, die einen Zusammenhang mit der Bildungsbiografie bzw. der Wahl einer MINT-Studienrichtung aufweisen, in fünf inhaltliche Kategorien aufgeteilt:

- Variablen zum familiären Umfeld (dargestellt in Tabelle 22)
- Berufswunsch und Interesse (dargestellt in Tabelle 22)
- Selbstkonzept und Leistungen (dargestellt in Tabelle 23)
- Lernverhalten und Schulvariablen (dargestellt in Tabelle 23)

Ehe wir die Ergebnisse diskutieren, möchte wir anhand der Variable «Leistung Mathematik (Index)» darstellen, wie die beiden Ergebnistabellen gelesen und interpretiert werden können:

Tabelle 20: Lesebeispiel für Tabelle 22 und Tabelle 23

Männer und Frauen		Männer					Frauen										
Leistung Mathematik (Index)																	
Alle	Matura	5A	MINT	MINT*	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*			
=	553	585	587	629	630	=	566	602	604	634	635	=	544	574	574	614	611
K		509	575	579	625	K		522	585	592	628	K		499	569	572	619

Quelle: TREE, eigene Kodierungen und Berechnungen

Die Tabellen sind grundsätzlich folgendermassen aufgebaut:

- Die Ergebnisse werden für die drei Personengruppen «Männer und Frauen», «Männer» und «Frauen» gesondert dargestellt.
- In der ersten Datenzeile, die mit einem «=»-Zeichen gekennzeichnet ist, wird das arithmetische Mittel der entsprechenden Variablen, hier die Punktezah der Mathematik-Leistung, für die in den Spalten aufgeführten fünf Gruppen «Alle», «Matura», «5A», «MINT» und «MINT*» dargestellt.²⁶
- In der zweiten Datenzeile, die mit einem «K» gekennzeichnet ist, ist das arithmetische Mittel für die vier «Komplementärgruppen» (Definition weiter oben) «KMatura», «K5A», «KMINT» und «KMINT*» dargestellt.

Tabelle 20 liest sich dementsprechend folgendermassen:

- Die Schüler/innen, die unserer Untersuchungsstichprobe angehören («Alle»), hatten im Jahr 2000 eine durchschnittliche Mathematikleistung von 553.
- Die Schüler/innen, die unterdessen eine Matura haben («Matura»), hatten eine durchschnittliche Mathematikleistung von 585 Punkten – im Vergleich zu 509 Punkte von denjenigen, die keine Matura haben («KMatura»).
- Die Schüler/innen, die unterdessen in einen tertiären MINT-Studiengang eingetreten sind («MINT»), hatten im Jahr 2000 eine durchschnittliche Mathematikleistung von 629 Punkten. Demgegenüber hatten die Schüler/innen, die unterdessen in einen ISCED-5A-Studiengang ausserhalb dem Bereich MINT eingetreten sind, «nur» gerade eine durchschnittliche Leistung von 579 Punkten

²⁶ Für Details zur PISA-Befragung und Bewertung vgl. <http://www.pisa.admin.ch>

- Et cetera.

Um den Einfluss einer Variabel auf die Bildungsbiografie bzw. auf die Wahl einer MINT-Fachrichtung zu identifizieren, sollte bei der Analyse der Tabellen Augenmerk auf folgende zwei Sichtweisen gelegt werden:

- **Erstens:** Die Differenz zwischen der 1. und 2. Datenzeile: zeigt die Unterschiede zwischen einer Gruppe und deren Komplementärgruppe.
- **Zweitens:** Die Entwicklung der 1. Datenzeile von links nach rechts: grosse Sprünge indizieren die Relevanz der untersuchten Variabel.

In **Tabelle 22** und **Tabelle 23** sind «nur» diejenigen Faktoren bzw. Variablen aufgeführt, die hinsichtlich der Bildungsbiografie bzw. dem Studienfachentscheid pro MINT Erklärungskraft haben. Ehe wir die deskriptiven Ergebnisse diskutieren, beschreiben wir kurz diejenigen PISA-Variablen, auf die wir im Verlauf dieses Kapitels zu sprechen kommen und die nicht selbsterklärend sind:

- **Berufswunsch MINT-Fachkraft:** Basiert auf den Angaben der 15-jährigen PISA-Schüler/innen, welchen Beruf sie im Alter von 30 Jahren gerne ausüben möchten. Die Angaben zum Berufswunsch haben wir im Sinne unserer MINT-Definition zu einer dichotomen Variablen umkodiert.
- **Maximum des sozioökonomischen Berufsstatus (ISEI) von Vater und Mutter:** Der Index «PISA-International Socio-Economic Index of Occupational Status (ISEI)» basiert auf den Angaben der 15-jährigen PISA-Schüler/innen zum Beruf der Eltern. Er misst diejenigen Eigenschaften der Berufstätigkeit der Eltern, die das Bildungsniveau der Eltern in Einkommen konvertieren. Er wurde dahingehend optimiert, den indirekten Effekt des Bildungsniveaus über den Beruf zu maximieren und den direkten Einfluss des Bildungsniveaus auf das Einkommen zu minimieren.
- **Family Wealth:** Dieser Index basiert auf den Angaben der PISA-Schüler/innen zu: (1) Verfügbarkeit eines Geschirrspülers, eines eigenen Zimmers, von Software mit bildendem Inhalt und einer Internetverbindung im Haushalt, (2) Anzahl Telefone, TV-Geräte, Computer, Autos und Badezimmer im Haushalt der Schüler/innen.
- **Akademisches Selbstkonzept:** Der «Index of self-concept academics» misst die Selbsteinschätzung der eigenen schulischen Leistungsfähigkeit. Der Index basiert auf der Zustimmung der 15-jährigen PISA-Schüler/innen zu den folgenden Aussagen: «I learn things quickly in most school subjects; I am good at most school subjects; I do well in tests in most school subjects».
- **Selbstkonzept Mathematik und Lesen:** Diese Indizes messen die Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit in Mathematik und im Lesen.
- **Kooperatives Lernen:** Der «Index of co-operative learning» ist von der Zustimmung der PISA-Schüler/innen zu folgenden Aussagen abgeleitet: «I like to work with other students; I learn the most when I work with other students; I like to help other people do well in a group; it is helpful to put together everyone's ideas when working on a project».
- **Kompetitives Lernen:** Der «Index of competitive learning» ist von der Zustimmung der 15-jährigen PISA-Schüler/innen zu folgenden Aussagen abgeleitet: «I like to try to be better than other students; trying to be better than others makes me work well; I would like to be the best at something; I learn things faster if I'm trying to do better than the others».

Bedeutung des familiären Bildungs- und Berufshintergrunds

Wie **Tabelle 22** zeigt, spielt der familiäre Bildungs- und Berufshintergrund bis zum Entscheid, in einen Studiengang der Stufe ISCED 5A einzutreten, eine Rolle: Diejenigen Personen der Untersuchungsstichprobe, die in einen solchen Studiengang eingetreten sind, haben zu 55,8 % einen Vater und zu 46,1 % eine Mutter mit einem Bildungsabschluss der Stufe ISCED 5. Jene, die zwar eine Matura haben, jedoch nicht in ein ISCED-5A-Studiengang eingetreten sind, haben demgegenüber nur zu 35,6 % einen Vater und nur zu 26,5 % eine Mutter, die einen Bildungsabschluss der Stufe ISCED 5 haben. Die Variable «Maximum des sozioökonomischen Berufsstatus (ISEI) von Vater und Mutter» bestätigt diesen Sachverhalt, so dass der Schluss gezogen werden kann, dass der Bildungshintergrund der Eltern zwar die Bildungsbiografie ihrer Kinder bis zum Eintritt in einen Studiengang der Stufe ISCED 5A beeinflusst, nicht jedoch den Studienfachentscheid. Dass der familiäre Bildungshintergrund keinen Zusammenhang mit dem Studienfachentscheid aufweist, ist allerdings auch darauf zurückzuführen, dass in unserer Analyse die Universitären Hochschulen und die Fachhochschulen nicht differenziert sind. Denn gemäss Boegli et al. (2005) ist der Anteil an den Studierenden der Universitären Hochschulen, deren Vater oder Mutter einen Hochschulabschluss hat, in den Fachbereichen Technische Wissenschaften sowie Exakte- und Naturwissenschaften überdurchschnittlich hoch. Für die Studierenden der Fachhochschulen trifft das Gegenteil zu: Der Anteil der Studierenden mit einem Vater oder einer Mutter mit einem Hochschulabschluss ist in den Fachbereichen Chemie und life sciences, Technik und IT sowie Architektur, Bau- und Planungswesen am tiefsten.

Ein anderes Bild zeigt die Variable «Family Wealth», welche die Einkommens- und Vermögensverhältnisse des Elternhauses widerspiegelt. Diese Variable ist positiv mit der Wahl einer MINT-Fachrichtung der Stufe ISCED 5A korreliert: Der entsprechende Index der Personen der Untersuchungsstichprobe, die einen MINT- bzw. einen MINT*-Studiengang gewählt haben, beträgt 0,20 bzw. 0,24 und ist damit um einiges höher als der Index der Personen, die in einen ISCED-5A-Studiengang jenseits des MINT-Bereichs eingetreten sind (0,13). Dies gilt sowohl für die Männer als auch für die Frauen, obwohl der Effekt bei den Frauen weniger stark ausgeprägt ist.

Aus der Literatur sind uns zwei Argumentationsfiguren bekannt, die den Zusammenhang zwischen den Einkommens- und Vermögensverhältnissen des Elternhauses und der Studienfachwahl erklären könnten. Eine davon wird in Hemmo (2005) unter dem Titel «success expectancy» diskutiert: Gemäss dieser Argumentationsfigur wählen die Schüler/innen aus sozial tieferen Schichten – da sie risikoaverser sind – weniger MINT-Studiengänge, da die «success expectancy» bei MINT-Studiengängen, die als anspruchsvoll und schwierig gelten und wahrgenommen werden, tiefer ist als bei alternativen Studiengängen. Die Daten des Bundesamts für Statistik zur Studienerfolgsquote der Kohorte 1998 an den universitären Hochschulen unterstützt diese Argumentationsfigur empirisch nur bedingt: Die Studienerfolgsquote bezüglich einem Abschluss in der gleichen Fachbereichsgruppe innerhalb von 10 Jahren ist in den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften (die in der Literatur zum Studienfachentscheid neben der Medizin als die primären «Konkurrenz-Studiengängen» zu MINT-Studiengängen gelten) etwas höher als in den Technischen Wissenschaften und substantiell höher als in den Exakten Wissenschaften und Naturwissenschaften. Dieselbe Studienerfolgsquote ist jedoch in den Geisteswissenschaften nochmals substantiell tiefer als in den Technischen-, Exakten-, und Naturwissenschaften. Die soeben referierte empirische Datengrundlage zur Bewertung der Argumentationsfigur «success expectancy» ist allerdings dahingehend suboptimal, als die Studienerfolgsquote sowohl freiwillige Studienabbrüche als auch unfreiwillige Studienabbrüche aufgrund ungenügender Leistung enthält. Nur eine Studienabbruchsquote, die sich auf unfreiwillige Studienabbrüche aufgrund ungenügender Leistung bezieht, könnte schlüssig Aufschluss darüber geben, ob die Voraussetzung der Argumentationsfigur der «success expectancy» in der Schweiz überhaupt gegeben ist. Eine alternative Argumentationsfigur, die den tendenziell positiven Zusammenhang zwischen dem sozioökonomischen Status des Elternhauses und der Wahrscheinlichkeit, einen MINT-Studiengang zu wählen, erklären kann, geht davon aus, dass der Aufwand, ein MINT-Studium zu absolvieren, höher ist als der Aufwand bei alternativen Studiengängen. Eine direkte Folge davon ist, dass während einem MINT-Studium – im Vergleich zu alternativen Studiengängen – nur in vermindertem Ausmass einer bezahlten Erwerbsarbeit nachgegangen werden kann. Dies kann dazu führen, dass angehende Studierende aus sozioökonomisch tieferen Schichten, die im Gegensatz zu ihren Kommilitonen/innen aus sozioökonomisch höheren Schichten stärker auf ein Einkommen aus der Erwerbstätigkeit neben dem Studium angewiesen sind, einen Anreiz haben, einfache, kurze und weniger aufwändige Studiengänge zu wählen. Die verfügbaren empirischen Daten der Hochschulforschung des Bundesamts für Statistik können diese Wirkungszusammenhänge zwar nicht kausal beweisen, sind aber mit den Wirkungszusammenhängen gemäss dieser Argumentationsfigur zumindest konsistent:

- Gemäss Boegli et. al. (2007, S. 39ff) sind die UH-Studiengänge der Exakten Wissenschaften und der Technischen Wissenschaften zusammen mit denjenigen der Medizin und Pharmazie die aufwändigsten: Für die Technischen Wissenschaften weisen sie einen durchschnittlichen Wochenaufwand von 47 Stunden aus (29 Stunden Lehrveranstaltungen, 18 Stunden sonstiger Studienaufwand), für die Exakten Wissenschaften 41 Stunden (24 Stunden Lehrveranstaltungen, 17 Stunden sonstiger Aufwand). Demgegenüber beträgt der wöchentliche Studienaufwand für die konkurrierenden Studiengänge der Wirtschafts- und Rechtswissenschaften nur gerade 34 bzw. 35 Arbeitsstunden. Bei den Fachhochschulen zeigt sich ein vergleichbares Bild: Die Studiengänge der Fachbereichsgruppen Chemie und life sciences (42 Stunden), Technik und IT (44 Stunden) sowie Architektur, Bau- und Planungswesen (48 Stunden) sind überdurchschnittlich zeitaufwändig (FH-Durchschnitt: 41 Stunden).
- Gemäss Boegli et. al. (2007, S. 28ff) sind Erwerbstätigenquote und Umfang der Erwerbstätigkeit an den Universitären Hochschulen in den Technischen Wissenschaften, dicht gefolgt von der Fachbereichsgruppe Medizin und Pharmazie sowie der Exakten und Naturwissenschaften am tiefsten. Boegli et. al. interpretieren diesen Tatbestand folgendermassen: «Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die studentische Erwerbstätigkeit tendenziell in den weniger stark reglementierten Studienfächern höher ist, da diese sich leichter mit einer regelmässigen Erwerbstätigkeit kombinieren lassen. So ist ein Zusammenhang zwischen dem wöchentlichen Studienaufwand und der studentischen Erwerbstätigkeit festzustellen. Studierende in Fachbereichsgruppen mit einem hohen wöchentlichen Studienaufwand haben durchschnittlich eine geringere Erwerbstätigkeit»
- Darüber hinaus rapportieren sie für die beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETHZ und EPFL) vergleichsweise tiefe Erwerbstätigenquoten. Im Bereich der Fachhochschulen zeigt sich bezüglich den Fachbereichsgruppen Chemie und life sciences sowie Technik und IT ein vergleichbares Bild. Im Fachbereich Architektur, Bau- und Planungswesen hingegen sind Erwerbstätigenquote und Umfang der Erwerbstätigkeit hingegen höher als im FH-Durchschnitt.

- Die Situation bezüglich der Erwerbstätigenquote und dem sozialen Milieu des Elternhauses schlägt sich schliesslich in der Struktur der Einnahmen der Studierenden nieder. Gemäss Boegli et al. (2007, S 69ff) ist der Anteil der Einnahmen, die von der Familie stammen, bei den UH-Studierenden der Technischen Wissenschaften am höchsten, gefolgt vom Fachbereich Medizin und Pharma und vom Fachbereich der Exakten und Naturwissenschaften; der Anteil der Einnahmen aus bezahlter Erwerbstätigkeit hingegen am tiefsten. Bezüglich den Fachhochschulen ist kein vergleichbares Bild zu erkennen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass unsere Ergebnisse zur Variablen «Family Wealth» nur bedingt mit den Ergebnissen von entsprechenden Publikation des Bundesamt für Statistik konsistent ist: Gemäss Boegli et al. (2007, S. 19ff) entstammen UH-Studierende der Technischen Wissenschaften überdurchschnittlich hohen sozialen Schichten, nicht jedoch die UH-Studierenden der Exakten und Naturwissenschaften, die aus überdurchschnittlich tiefen sozialen Schichten entstammen. Bei den Fachhochschulen stellten Boegli et al. fest, dass die Studierenden der Fachbereichsgruppen Architektur, Bau- und Planungswesen, Chemie und Life Sciences sowie Technik und IT im Vergleich zu den restlichen Fachbereichsgruppen tiefen sozialen Schichten entstammen. Es ist dabei denkbar, dass die Differenzen darauf zurückgeführt werden können, dass die Variable «Soziale Schicht» in Boegli et al. (2007) etwas Anderes misst als die Variable «Family Wealth» in der TREE-Datenbank. Schliesslich ist festzuhalten, dass in der multivariaten Modellierung (s. Abschnitt 5.4) kein statistisch signifikanter Einfluss des Elternhauses auf die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, nachgewiesen werden konnte.

Bedeutung von Berufswunsch und Interesse im Alter von 15 Jahren

Der **Berufswunsch**, den die Schüler/innen im Jahr 2000 im Rahmen der PISA-Befragung angegeben haben, weist einen sehr starken Zusammenhang mit der Studienfachwahl auf: 47,0 % bzw. 52,9 % der Personen der Untersuchungss Stichprobe, die unterdessen in einen MINT- bzw. MINT*-Studiengang eingetreten sind, hatten bereits mit 15 Jahren den Wunsch, mit 30 Jahren MINT-Fachkraft zu sein. Dieser Anteil beträgt bei denjenigen, die ein Studium jenseits des MINT-Bereichs gewählt haben, demgegenüber nur gerade 8,2 %. Der Effekt ist bei Männern und Frauen gleichermaßen stark ausgeprägt, allerdings ist das Niveau der Anteile bei den Männern um einiges höher: Von den Schülern der Untersuchungss Stichprobe haben 21,6 % mit 15 Jahren den Wunsch, MINT-Fachkraft zu werden. Bei den Schülerinnen beträgt dieser Anteil demgegenüber nur gerade 3,7 %. Es gelingt also bereits an der Oberstufe nicht, Mädchen für MINT-Berufe zu gewinnen.

Die Ergebnisse sind mit der in der einschlägigen Literatur²⁷ verbreiteten These konsistent, dass das «Rennen mit 15 Jahren bereits gelaufen ist», da zu diesem Zeitpunkt das Interessen bereits stabilisiert sei, und Massnahmen zur Erhöhung der MINT-Studieneintritte vorher eingesetzt werden müssen.

Auch die deskriptiven Ergebnisse zum **Interesse für Mathematik** deuten in diese Richtung: Diejenigen Personen der Untersuchungss Stichprobe, die unterdessen in einen MINT- bzw. MINT*Studiengang eingetreten sind, weisen bezüglich des Interessens für Mathematik im Alter von 15 Jahren einen durchschnittlichen Index von 0,65 bzw. 0,68 auf. Für die Personen, die in ein ISCED-5A-Studium jenseits des MINT-Bereichs eingetreten sind, beträgt der durchschnittliche Index demgegenüber nur gerade -0,03. Bezüglich der Variablen «Interesse für Mathematik» ist der **Vergleich zwischen den Geschlechtern** interessant. In diesem Zusammenhang erscheinen uns die folgenden drei Beobachtungen für bemerkenswert:

- **Erstens** ist das Interesse für Mathematik bei den Schülerinnen grundsätzlich tiefer als bei den Schülern.
- **Zweitens** ist der Zusammenhang zwischen dem Interesse für Mathematik und der Studienfachwahl bei den Frauen und Männern gleichermaßen stark ausgeprägt.
- **Drittens** kann bei den Frauen ein starker Unterschied zwischen den beiden Gruppen «MINT» und «MINT*» ausgemacht werden: Der Interessensindex der Frauen, die unterdessen in einen MINT*-Studiengang eingetreten sind, ist mit 0,70 fast doppelt so hoch wie der durchschnittliche Index der Frauen, die einen MINT-Studiengang, nicht jedoch einen MINT*-Studiengang in Angriff genommen haben²⁸. Wir führen dies darauf zurück, dass der Bereich MINT auch Studiengänge enthält, die weniger «mathematisch» sind als die MINT*-Studiengänge. In «weichen MINT-Studiengängen» wie zum Beispiel Architektur, Geografie und Umwelt(natur)wissenschaften sind die Frauenanteile markant höher als in den rein technischen MINT*-Studiengängen (Elektrotechnik, Maschinenteknik etc.).

²⁷ Für eine Überblick über die einschlägige Literatur s. Gehrig und Fritschi (2009) sowie Hemmo (2005)

²⁸ Für eine Unterscheidung zwischen MINT und MINT* verweisen wir auf **Tabelle 2** auf S. 4.

Beim **Interesse fürs Lesen** ist im Vergleich zum Interesse für Mathematik ein gegenteiliger Effekt auszumachen: Der Index ist bei den Personen der Untersuchungsstichprobe, die einen MINT- bzw. MINT*-Studiengang aufgenommen haben, mit 0.17 bzw. 0.11 deutlich tiefer als bei jenen, die in einen ISCED-5A-Studiengang ausserhalb des MINT-Bereichs eingetreten sind (0.54). Auch hier ist ein deutlicher Geschlechterbias zu erkennen:

- **Erstens:** Der Index ist bei den Frauen mit durchschnittlich 0.50 grundsätzlich höher als bei den Männern mit 0.21. Dieser Unterschied ist aus der PISA-Literatur bekannt.
- **Zweitens:** Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nimmt das Interesse mit dem Bildungsniveau zu. Bei den Männern, die später in einen MINT-Studiengang eintreten, ist das Interesse fürs Lesen ungefähr gleich gross wie bei den Männern, die später einen ISCED-5A-Studiengang ausserhalb des MINT-Bereichs absolvieren. Bei den Frauen ist dies nicht der Fall: Die Frauen, die später einen MINT- oder sogar MINT*-Studiengang absolvieren, haben mit 15 Jahren ein deutlich tieferes Interesse fürs Lesen als die Schülerinnen, die später einen tertiären Studiengang jenseits von MINT absolvieren werden.

Wir haben bereits daraufhingewiesen, dass es in der einschlägigen Literatur zum einen einen Konsens dahingehend gibt, dass die Studienfachwahl grösstenteils «Interessens-getrieben» ist und zum anderen, dass das Interesse am Ende der Sekundarstufe I bereits stabilisiert sei und kaum noch verändert werden kann. Gehrig und Fritschi 2008 halten mit ihrer Zusammenfassung der einschlägigen Literatur mit Verweis auf Eglin-Chappuis (2007) fest:

«Da nach der Interessentheorie von Krapp Interesse zuerst geweckt, dann stabilisiert wird und schlussendlich die Form eines andauernden Interesses annimmt, kommt der biografischen Interaktion zwischen Person und Umwelt, die bereits in einem frühen Alter einsetzt, eine entscheidende Bedeutung zu. Voraussetzung für die Stabilisierung von Interesse ist dabei die positiv empfundene und emotional befriedigende Beschäftigung mit dem interessierenden Gegenstand. Die Forschung geht heute davon aus, dass die Stabilisierung des Interesses auf der unteren Sekundarstufe oder noch früher stattfindet, so dass es fraglich ist, ob ein Interesse für Technik später überhaupt noch geweckt und stabilisiert werden kann. Auf diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass vergangenheitsbezogene Faktoren die Studienfachwahl entscheidend mit beeinflussen. Relevante vergangenheitsbezogene Faktoren sind die fachliche Orientierung (fachliche Koppelung zwischen Sekundarstufe II und Tertiärstufe), die bisherigen Leistungen sowie damit verbunden die Wahrnehmung der eigenen Fähigkeiten und Kompetenzen.» (S. 41)

Die Stabilität des Interesses am Ende der Sekundarstufe I hat auf den weiteren Bildungsverlauf also eine determinierende Wirkung. Gehrig und Fritschi (2008) haben ausgeführt, dass formelle und informelle Zugangsbarrieren beim Übergang von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe die determinierende Wirkung der Persistenz des Interesses zusätzlich fördern. Dies führt letztlich dazu, dass eine äusserst starke bildungsbiografische Koppelung zwischen dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II mit dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II festgestellt werden kann. Diese Koppelung ist für den Bildungsweg «Gymnasiale Maturität – Universitäre Hochschule» in der Literatur breit abgestützt.

Die determinierende Wirkung der Stabilität des Interesses auf den Studienfachentscheid wird zusätzlich verstärkt durch die bildungsbiografische und strukturelle Koppelung des 1. Bildungsentscheides am Ende der Sekundarstufe II mit dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II. Diese Koppelung, welche die Persistenz des Interesses zusätzlich fördert, wurde in der Literatur zum Studienfachentscheid mehrfach belegt, insbesondere für den Bildungsweg «Gymnasiale Maturität – Universitäre Hochschule» (s. für stellvertretend für die Schweiz: Pogliа und Molo 2007 sowie Pogliа et al. 2004). Da in der TREE-Datenbank die Information des Maturitätstyps bzw. die Information der belegten Schwerpunktfächer im Rahmen des Maturitätslehrgangs nicht enthalten ist – was sowohl für die gymnasiale Maturitäten als auch für die Berufsmaturitäten gilt –, können wir diese Koppelung auf der Basis der TREE-Daten nicht im Detail analysieren. Für den Bildungsweg «Berufslehre – Berufsmaturität – Fachhochschule» haben wir jedoch eine Möglichkeit gefunden, die Koppelung vom 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I und dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II approximativ zu indizieren. Dabei sind wir folgendermassen vorgegangen:

- In einem ersten Schritt haben wir auf der Basis von Daten des Bundesamts für Statistik diejenigen Berufslehren bestimmt, für die gilt, dass mehr als 50 % derjenigen, die diese Berufslehre absolviert und eine Berufsmaturität gemacht haben, eine Technische Berufsmaturität gewählt haben. Diese Berufslehren auf der Sekundarstufe II nennen wir im Folgenden «Technische Berufslehren».
- In einem zweiten Schritt haben wir die weitere Bildungsbiografie der Personen analysiert, die eine solche technische Berufslehre absolviert haben – und insbesondere diejenigen darunter, die schliesslich in ein Studium der Stufe ISCED 5A eingetreten sind.

Die Ergebnisse dieser Analyse sind in **Tabelle 21** dargestellt. Die Tabelle macht u.a. die folgenden zwei empirischen Zusammenhänge sichtbar:

- **Starke Koppelung zwischen Berufslehre und Studienfachwahl:** Von den 3 118 Personen in unserer Untersuchungsstichprobe, die eine Berufslehre absolviert haben, haben letztlich 136 ein MINT-Studium in Angriff genommen. Von diesen 136 Personen haben 84 % eine Berufslehre absolviert, die wir als technisch klassifiziert haben. Dieser Sachverhalt illustriert die starke Koppelung zwischen dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I mit dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II.
- **Netto-Abwanderung:** 163 Personen unserer Untersuchungsstichprobe, die eine technische Berufslehre absolviert haben, haben schlussendlich den Gang in ein tertiäres Studium der Stufe ISCED 5A gefunden. Von diesen 163 Personen haben sich 70 % für ein MINT-Studium entschieden, 30% für ein Studium ausserhalb des MINT-Bereichs. Diese 30 % bzw. 49 Personen können als Abwanderung interpretiert werden. Der Abwanderung steht eine Zuwanderung von Personen gegenüber, die eine Berufslehre absolviert haben, die wir als nicht-technisch klassifiziert haben und letztendlich doch den Weg in ein tertiäres MINT-Studium gefunden haben. Dabei handelt es sich um 22 Personen. Der Nettoeffekt von Zuwanderung und Abwanderung ist für den technischen Bereich negativ und beträgt -27 Personen, was immerhin 16,7 % der 136 Personen ausmacht, die letztlich ein MINT-Studium aufgenommen haben.

Zusammenfassend können zwei Schlüsse gezogen werden:

- **Die Koppelung zwischen dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I und dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II ist sehr hoch.** Für den Bildungsgang «Berufslehre - Berufsmaturität - Fachhochschule» konnte wir diese starke Koppelung anhand der TREE-Daten approximativ nachweisen. Aufgrund der Literatur zur Studienfachwahl muss davon ausgegangen werden, dass die Koppelung für den Bildungsgang «Gymnasiale Maturität - Universitäre Hochschule» vergleichbar stark ist. Die starke Koppelung kann zum einen mit der Persistenz des Interesses, das am Ende der Sekundarstufe I stabilisiert ist, zum anderen mit formellen und nicht-formellen Wanderungsbarrieren erklärt werden, die den Übergang von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe prägen.
- Die Wanderung zwischen MINT und NICHT-MINT, die zwischen der Sekundarstufe II und der Tertiärstufe in geringem Ausmass existiert, wirkt sich auf den MINT-Bereich negativ aus: **die Nettozuwanderung (Zuwanderung - Abwanderung) ist negativ.** Dieses Ergebnis ist konsistent mit Gehrig und Fritschi (2009, S. 60ff, s. dort insbesondere die Tabellen 8 und 9), die ebenso eine Nettoabwanderung nachweisen konnten.

Tabelle 21: Koppelung zwischen Berufslehre und Studienlehrgang auf der Tertiärstufe

		Total	Männer	Frauen
Technische Berufslehre		abs. 1 068	951	117
ISCED 5A		abs. 163	146	17
		in % 15,3 %	15,4 %	14,5 %
MINT		abs. 114	106	8
		in % 69,9 %	72,6 %	47,1 %
NICHT-MINT (Abwanderung)		abs. -49	-40	-9
		in % -30,1 %	-27,4 %	-52,9 %
Nicht-technische Berufslehre Sek II	→ Zuwanderung	abs. 22	17	5
		in % 13,5 %	11,6 %	29,4 %
Total MINT		abs. 136	123	13
		in % 83,4 %	84,2 %	76,5 %
Nettofluss: Zuwanderung - Abwanderung		abs. -27	-23	-5
		in % -16,7 %	-15,9 %	-26,6 %

Quelle: TREE, eigene Berechnungen

Selbstkonzept und Leistungen

Wie **Tabelle 23** dokumentiert, spielt das **akademische Selbstkonzept** bei den Männern nur bis zum Entscheid eine Rolle, einen Maturitätslehrgang zu besuchen; für die Studienfachwahl ist es irrelevant. Bei den Frauen dagegen scheint es auch den Studienfachentscheid zu beeinflussen: Das akademische Selbstkonzept von Frauen, die einen MINT*-Studiengang in Angriff genommen haben, ist mit 0,45 etwas höher als bei Frauen, die in einen ISCED-5A-Studiengang ausserhalb des MINT-Bereichs eingetreten sind (0,32).

Einen starken Zusammenhang mit der Studienfachwahl weist hingegen das **Selbstkonzept in Mathematik** auf: Der durchschnittliche Index beträgt bei Personen der Untersuchungsstichprobe, die in einen MINT*-Studiengang eingetreten sind, hohe 0,79, bei Personen, die einen anderen Studiengang aufgenommen haben, hingegen nur gerade 0,10. Der Effekt ist bei Männern und Frauen etwa gleich stark ausgeprägt – mit dem Unterschied, dass das Niveau des Indexes bei den Männern höher ist als bei den Frauen. Ebenso ist aus der PISA-Literatur bekannt, dass das Selbstkonzept in Mathematik und die Leistungen in Mathematik hoch positiv korreliert sind – mehr noch, dass mit den Differenzen bezüglich dem Selbstkonzept ein Teil der Leistungsunterschiede zwischen Schülerinnen und Schüler erklärt werden kann. Die positive Korrelation zwischen **Mathematikleistungen** und Studienfachentscheid besteht sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern. Da die Mathematikleistung stark positiv mit dem Selbstkonzept in Mathematik korreliert sind, bleiben Kausalaussagen schwierig. Die Ergebnisse lassen jedoch den Schluss zu, dass die Mathematikleistungen und/oder der Glaube an die eigene Leistungsfähigkeit in Mathematik beim Studienfachentscheid pro MINT bzw. contra MINT einen limitierenden Faktor darstellen.

Analoge Zusammenhänge wie bei den Mathematikleistungen finden sich auch bei den Leistungen in den Naturwissenschaften. Allerdings scheint der Effekt dort weniger stark ausgeprägt zu sein.

Bei den drei Leistungsvariablen im Bereich Lesen erscheint uns die folgende Beobachtung aufschlussreich: Bei den Männern scheint sich die Leistungsfähigkeit im Bereich Lesen nur bis zum Entscheid auszuwirken, in einen Maturitätslehrgang einzutreten. Zwischen Männern, die in einen MINT- bzw. MINT*-Studiengang und den Männern, die in einen Nicht-MINT-Studiengang eingetreten sind, können keine Differenzen bezüglich der Leistungsfähigkeit im Lesen im Alter von 15 Jahren ausgemacht werden. Bei den Frauen hingegen scheint die Leistungsfähigkeit im Lesen auch den Studienfachentscheid zu beeinflussen: Frauen, die in einen MINT- oder in einen MINT*-Studiengang eingetreten sind, weisen bezüglich allen drei Leistungsdimensionen im Bereich Lesen höhere durchschnittliche Wert auf als die Frauen, die einen anderen ISCED-5A-Studiengang in Angriff genommen haben. Die Schlussfolgerung kann kurz und etwas salopp folgendermassen formuliert werden: **Die besten 15-jährigen Schülerinnen studieren später eine MINT-Fachrichtung und die besten unter den besten eine MINT*-Fachrichtung.** Durchschnittlichere Schülerinnen trauen sich das Durchsetzen als exponierte Einzelfiguren im männlich dominierten Technikbereich offenbar weniger zu.

Lernverhalten und Schule

PISA unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Lernstrategien: **kompetitives Lernen** und **kooperatives Lernen**. Die Ergebnisse zu diesen beiden Variablen zeichnen das folgende Bild:

- Grundsätzlich haben Personen der Untersuchungsstichprobe, die einen Maturitätslehrgang besuchen oder besucht haben, bezüglich bei den beiden Indexvariablen höhere Werte als Personen, die keinen Maturitätslehrgang besuchen bzw. besucht haben.
- Der Index für kompetitives Lernen ist mit der Wahrscheinlichkeit, einen MINT-Studiengang zu besuchen, positiv korreliert. Das Gegenteil trifft für den Index für kooperatives Lernen zu; dieser ist damit nämlich negativ korreliert. Personen, die unterdessen in einen MINT-Studiengang eingetreten sind, weisen bezüglich kompetitivem Lernen einen Index von 0,02 aus – gegenüber einem Index von -0,17 von Personen, die einen MINT-Studiengang ausserhalb des MINT-Bereichs in Angriff genommen haben. Für kooperatives Lernen gilt hingegen: Wer einen MINT-Studiengang besucht (hat), weist einen durchschnittlichen Index von -0,5 aus, wer in einen anderen Studiengang eingetreten ist, einen deutlich höheren Wert von 0,15.
- Interessant ist der Geschlechtervergleich bezüglich der Personengruppe «MINT*»: Die Indexwerte bezüglich kooperativem und kompetitivem Lernen unterscheiden sich zwischen Frauen und Männern kaum, obwohl sich die gleichen Indexwerte bei der Gesamtheit der Untersuchungsstichprobe (Gruppe «Alle») zwischen den Geschlechtern stark unterscheiden.

Hinsichtlich des wöchentlichen Aufwands für Hausaufgaben müssen die Geschlechter gesondert diskutiert werden, da die empirischen Daten zu dieser Dimension unterschiedliche Strukturen aufweisen:

- **Lernaufwand der Männer:** Bezüglich dem Zeitaufwand für Hausaufgaben gibt es bei den Männer nur einen Unterschied zwischen Personen, die keine Maturität haben (Gruppe «KMatura») und solchen, die eine Maturität haben oder einen entsprechenden Lehrgang besuchen (Gruppe «Matura»). Der durchschnittliche Index beträgt für die Gruppe «Matura» -0,20, für die Gruppe «KMatura» -0,34: Schüler, die später eine Maturitätsschule besuchen, wenden also etwas mehr Zeit für Hausaufgaben auf als Schüler, die keine Maturitätsschule besuchen werden. Unterschiede bezüglich verschiedener Studienfachrichtungen können keine beobachtet werden.

■ **Lernaufwand der Frauen:** Für die Frauen hängt der Zeitaufwand für Hausaufgaben mit dem späteren Bildungsweg zusammen. Wie auch bei den Schülern gilt, dass die Schülerinnen, die später einen Maturitätslehrgang absolvieren, mehr Zeit für Hausaufgaben aufwenden. Darüber hinaus hängen jedoch auch der Zeitaufwand für Hausaufgaben und der Studienfachentscheidung zusammen: Schülerinnen, die später ein MINT- oder MINT*-Studiengang besuchen, wenden mehr Zeit für Hausaufgaben auf als Schülerinnen, die später einen anderen Studiengang besuchen. Deshalb gilt zusätzlich zur oben formulierten Feststellung, dass nur beste Schülerinnen sich später für einen MINT-Studiengang entscheiden, dass es auch die fleissigsten sind.

Bezüglich des Umfangs des Mathematik-Unterrichts pro Woche lässt sich festhalten, dass Personen aus der Untersuchungstichprobe, die später in einen MINT-Studiengang eintreten werden, als 15-jährige Schüler/innen mehr Mathematik-Unterricht haben als solche, die später ein anderes ISCED-5A-Studium in Angriff nehmen. Allerdings gehen wir davon aus, dass dieser Zusammenhang durch Selbstselektion, also aufgrund bereits bestehender Interessenneigung, zustande kommt und nicht im Sinne einer Kausalität interpretiert werden darf. Das Gleiche gilt für den Umfang des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Tabelle 22: Ursachen des MINT-Fachkräftemangels: Familiäre Faktoren und Neigungen

Männer und Frauen					Männer					Frauen							
Umfang der Untersuchungsstichprobe (Anzahl)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	3 804	2 189	1 858	317	257	=	1 637	918	778	253	217	=	2 167	1 271	1 080	64	40
K		1 615	331	1 541	60	K		719	140	525	36	K		896	191	1 016	24
Familiäres Umfeld und Bildungshintergrund																	
Vater mit Bildungsabschluss auf der Stufe ISCED 5 (Anteile in %)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
K	42,0 %	52,7 %	55,8 %	53,8 %	52,8 %	K	46,9 %	59,6 %	62,8 %	55,2 %	54,6 %	K	38,2 %	47,7 %	50,7 %	48,4 %	43,6 %
		26,9 %	35,6 %	56,2 %	57,4 %			30,3 %	41,8 %	66,4 %	58,3 %			24,2 %	30,9 %	50,8 %	56,0 %
Mutter mit Bildungsabschluss auf der Stufe ISCED 5 (Anteile in %)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	33,4 %	43,2 %	46,1 %	43,8 %	43,7 %	=	36,0 %	46,6 %	49,6 %	45,1 %	44,5 %	=	31,4 %	40,7 %	43,6 %	38,7 %	39,5 %
K		19,7 %	26,5 %	46,6 %	42,9 %	K		22,1 %	29,6 %	51,8 %	45,9 %	K		17,8 %	30,9 %	43,9 %	38,5 %
Maximum des sozioökonomischen Berufsstatus (ISEI) von Vater und Mutter (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	51,2	56,2	57,4	56,4	56,1	=	51,3	57,0	58,2	56,0	55,9	=	51,1	55,7	56,9	57,9	57,0
K		44,3	49,7	57,6	58,2	K		0,0	44,0	50,5	59,2	K		44,4	49,0	56,8	60,1
Family Wealth (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,06	0,14	0,14	0,20	0,24	=	0,12	0,19	0,20	0,21	0,25	=	0,02	0,10	0,10	0,13	0,14
K		-0,05	0,13	0,13	0,09	K		0,02	0,16	0,19	0,06	K		-0,10	0,11	0,10	0,13
Berufswunsch und Interesse																	
Berufswunsch: MINT-Fachkraft (Anteile in %)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	11,4 %	14,0 %	14,9 %	47,0 %	52,9 %	=	21,6 %	27,2 %	28,8 %	54,2 %	58,1 %	=	3,7 %	4,5 %	4,8 %	18,8 %	25,0 %
K		7,9 %	9,4 %	8,2 %	16,9 %	K		14,5 %	18,6 %	16,6 %	23,7 %	K		2,6 %	2,6 %	3,9 %	7,4 %
Interesse für Mathematik (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,02	0,09	0,09	0,65	0,68	=	0,34	0,41	0,41	0,70	0,67	=	-0,23	-0,16	-0,16	0,42	0,70
K		-0,07	0,10	-0,03	0,66	K		0,25	0,43	0,26	0,90	K		-0,32	-0,17	-0,19	0,27
Interesse fürs Lesen (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,21	0,40	0,47	0,17	0,11	=	-0,17	0,01	0,10	0,08	0,06	=	0,50	0,71	0,76	0,58	0,38
K		-0,03	0,09	0,53	0,35	K		-0,38	-0,38	0,11	0,06	K		0,25	0,47	0,77	0,79

Quelle: TREE, eigene Berechnungen

Tabelle 23: Ursachen des MINT-Fachkräftemangels (Fortsetzung): Selbstkonzept, Leistungen und Lernverhalten

Männer und Frauen						Männer					Frauen						
Selbstkonzept und Leistungen																	
Akademisches Selbstkonzept (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,08	0,31	0,33	0,34	0,30	=	0,14	0,33	0,35	0,32	0,27	=	0,03	0,30	0,32	0,41	0,45
K		-0,20	0,21	0,33	0,50	K		-0,08	0,24	0,36	0,58	K		-0,29	0,18	0,32	0,38
Selbstkonzept Mathematik (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,11	0,22	0,21	0,76	0,79	=	0,42	0,52	0,53	0,83	0,80	=	-0,13	-0,01	-0,03	0,43	0,68
K		-0,02	0,28	0,10	0,65	K		0,29	0,49	0,38	0,91	K		-0,28	0,10	-0,06	0,26
Selbstkonzept Lesen (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,05	0,10	0,12	-0,05	-0,05	=	-0,04	0,00	0,00	-0,10	-0,09	=	0,13	0,18	0,21	0,15	0,21
K		-0,01	0,04	0,15	0,02	K		-0,09	0,00	0,05	-0,03	K		0,06	0,06	0,21	0,10
Leistung Mathematik (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	553	585	587	629	630	=	566	602	604	634	635	=	544	574	574	614	611
K		509	575	579	625	K		522	585	592	628	K		499	569	572	619
Leistung Naturwissenschaften (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	523	558	565	580	583	=	531	570	580	583	583	=	517	550	554	567	578
K		475	523	562	567	K		481	518	578	576	K		470	527	554	551
Leistungen Lesen: Retrieving (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	533	570	573	578	577	=	526	566	570	574	573	=	538	573	575	594	599
K		482	552	572	584	K		475	541	568	580	K		488	559	574	590
Leistungen Lesen: Interpretation (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	527	563	567	564	564	=	515	552	557	556	555	=	536	571	575	593	610
K		479	537	568	568	K		468	525	557	566	K		487	546	574	571
Leistungen Lesen: Reflecting (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	522	556	561	548	546	=	506	542	547	541	540	=	535	567	571	577	578
K		476	530	564	557	K		461	513	550	547	K		489	542	571	569
Lernverhalten und Schule																	
Kompetitives Lernen (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	-0,18	-0,13	-0,13	0,02	0,03	=	-0,03	0,02	0,02	0,06	0,03	=	-0,29	-0,25	-0,26	-0,12	0,03
K		-0,24	-0,09	-0,17	0,00	K		-0,10	0,04	0,00	0,16	K		-0,35	-0,20	-0,27	-0,25
Kooperatives Lernen (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	0,10	0,13	0,12	-0,05	-0,06	=	-0,02	0,02	-0,01	-0,08	-0,07	=	0,20	0,22	0,22	0,10	-0,02
K		0,07	0,17	0,15	0,02	K		-0,07	0,13	0,03	-0,12	K		0,17	0,21	0,23	0,25
Zeitaufwand für Hausaufgaben (Index)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	-0,15	-0,10	-0,09	-0,08	-0,09	=	-0,26	-0,20	-0,19	-0,16	-0,18	=	-0,07	-0,03	-0,01	0,24	0,36
K		-0,21	-0,18	-0,09	-0,02	K		-0,34	-0,25	-0,21	-0,01	K		-0,11	-0,13	-0,03	-0,04
Anzahl Minuten Mathematik-Unterricht pro Woche (Minuten)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	227	224	224	236	238	=	231	229	229	236	237	=	224	221	221	237	244
K		231	227	222	228	K		233	228	225	228	K		229	225	220	228
Anzahl Minuten naturwissenschaftlicher Unterricht pro Woche (Minuten)																	
	Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*		Alle	Matura	5A	MINT	MINT*
=	141	141	140	154	152	=	148	151	151	157	155	=	136	134	131	142	139
K		142	151	137	157	K		143	154	148	166	K		140	148	131	145

Quelle: TREE, eigene Berechnungen

5.4 Multivariate Analyse: Logit-Modell

Im vorangehenden Abschnitt 5.3 haben wir versucht, im Rahmen einer deskriptiven, univariaten Analyse diejenigen Faktoren bzw. Merkmale von Schülern/innen zu identifizieren, die erklären können, welche Schüler/innen später eine MINT-Fachkraft werden. Wie wir bereits in diesem Abschnitt ausgeführt haben, können mittels univariater Analysemethoden nicht Zusammenhänge zwischen mehr als zwei Variablen sauber identifiziert und gegeneinander abgegrenzt werden. Dieses Problem stellt sich insbesondere bei Variablen, die stark miteinander korreliert sind, was zum Beispiel bei den PISA-Variablen «Mathematikleistung», «Interesse für Mathematik», «Anzahl Minuten Mathematikunterricht pro Woche» und «Selbstkonzept bezüglich Mathematik» der Fall ist. Die deskriptive Analyse hat ergeben, dass alle diese Variablen einen Zusammenhang mit dem Studienfachentscheid pro oder contra MINT aufweisen. Da die verschiedenen Variablen miteinander (in diesem Fall positiv) korreliert sind – man spricht von der sogenannten Multikollinearität – ist es nicht möglich, mittels deskriptiven und univariaten Methoden Kausalitäten abzuleiten.

Mit multivariaten Methoden, mit Methoden also, in welcher der Zusammenhang zwischen mehr als zwei Variablen simultan modelliert wird, kann man diesem Problem in dem Sinne begegnen, dass Zusammenhänge und Einflüsse identifiziert und gegeneinander abgegrenzt werden können. Insbesondere bekommt man mit multivariaten Methoden das Problem der Scheinkorrelation in den Griff.

Wenn die zu erklärende Variable eine dichotome Variable ist, d.h. eine Variable, die nur die Werte 1 (ja: Person ist oder wird eine MINT-Fachkraft) und 0 (nein: Person ist keine MINT-Fachkraft und wird nie eine solche sein) annehmen kann, arbeitet man mit einem sogenannten logistischen Regressionsmodell. Mit einem logistischen Modell kann die Wahrscheinlichkeit geschätzt werden, dass ein Schüler bzw. eine Schülerin, der bzw. die mit 15 Jahren bestimmte Merkmale (Mathematikleistung, Geschlecht etc.) aufweist, später ein MINT-Studium absolvieren wird. Dabei kann die Höhe und Stärke des Einflusses jedes einzelnen erklärenden Merkmals unter Berücksichtigung aller anderen Einflussgrößen bestimmt werden. Mit Hilfe des gefundenen Wahrscheinlichkeitsmodells können Aussagen darüber gemacht werden, welche Einflussgrößen die Wahrscheinlichkeit (unter Kontrolle aller anderen Merkmale), eine MINT-Fachkraft zu werden, in welchem Ausmass beeinflussen.

Die mit dem logistischen Modell zu erklärende, sogenannte abhängige Variable ist also die dichotome Variable, die für jede Person unserer Untersuchungsstichprobe angibt, ob diese Person eine MINT-Fachkraft ist bzw. im Begriff ist, eine solche zu werden, oder aber, ob diese Person keine MINT-Fachkraft ist und auch nie eine werden wird. Als erklärende, sogenannte unabhängige Variablen wurden grundsätzlich alle rund 50 PISA-Variablen in Erwägung gezogen. Letztlich hat das logistische Modell gezeigt, dass die folgenden sieben Merkmale einen Einfluss auf die zu erklärende Variable haben:

- Berufswunsch MINT-Fachkraft,
- Geschlecht,
- Mathematikleistung,
- Sozioökonomischer Status des Berufswunschs (ISEI),
- Interesse für Mathematik,
- Zeitaufwand für Hausaufgaben,
- Kooperatives Lernen.

In **Tabelle 24** sind die Schätzergebnisse der logistischen Regression aufgeführt und in **Abbildung 17** auch grafisch dargestellt. Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, die Resultate zu interpretieren:

- **Richtungseffekt:** Das Vorzeichen des Regressionskoeffizienten gibt an, in welcher Richtung die entsprechende Einflussgrösse die Wahrscheinlichkeit beeinflusst, im Verlauf der Bildungsbiografie in einen MINT-Studiengang auf der Stufe ISCED 5A einzutreten. Ist das Vorzeichen negativ, so verringert sich diese Wahrscheinlichkeit. Der zum Regressionskoeffizienten gehörende P-Wert gibt Auskunft darüber, ob der Effekt statistisch signifikant oder zufällig ist. Ist der P-Wert kleiner als 5 % bzw. 0,05, dann ist der Effekt statistisch signifikant von Null verschieden. Dies ist für alle der sieben aufgeführten Einflussfaktoren der Fall.
- **Odds Ratio:** Mit der Kennzahl Odds Ratio können die Effekte der einzelnen Variablen quantifiziert werden. Dieser Wert gibt bei binären Einflussvariablen an, wie die Chancen zu Gunsten des untersuchten Ereignisses (Eintritt in einen MINT-Studiengang) verändert werden, wenn ein betrachtetes Merkmal (z.B. Geschlecht = Mann) eintritt. Bei einer stetigen

Variablen gibt die Odds Ratio an, wie sich die Wahrscheinlichkeit verändert, in einen MINT-Studiengang einzutreten, wenn die entsprechende Einflussgrösse (z.B. die PISA-Mathematikleistung) erhöht wird.

In **Tabelle 24** sind die sieben statistisch signifikanten Einflussgrössen entsprechend der Stärke ihres Einflusses auf die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, sortiert. Die Odds Ratios zeigen, dass...:

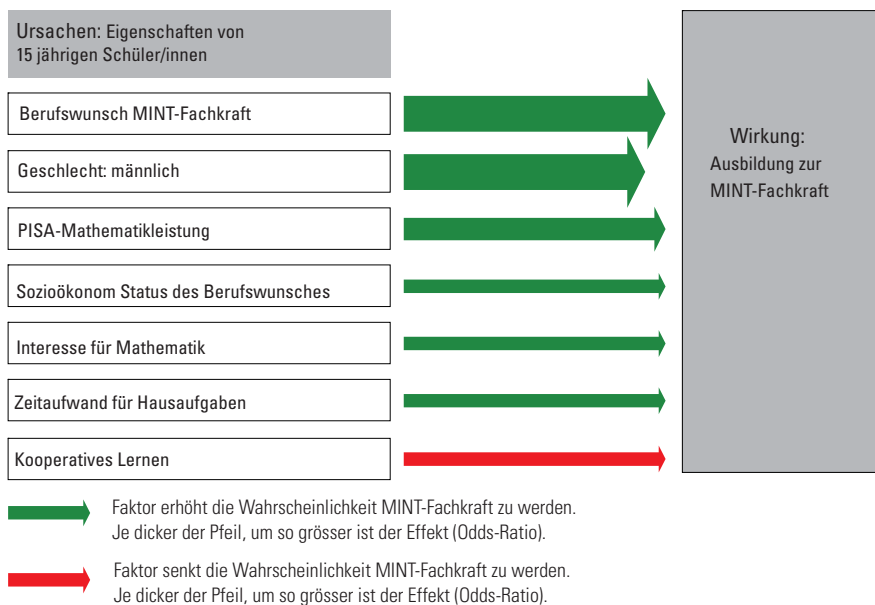
- ...der Wunsch im Alter von 15 Jahren, im Alter von 30 Jahren MINT-Fachkraft zu sein, diese Wahrscheinlichkeit rund verdreifacht.
- ...ein Mann zu sein, sie rund verdreifacht.
- ...eine höhere Mathematikleistung im Alter von 15 Jahren ebenfalls zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit führt
- ...dass eine Erhöhung des sozioökonomischen Status, der dem Berufswunsch im Alter von 15 Jahren inhärent ist, sie ebenfalls erhöht.
- ...dass grösseres Interesse für Mathematik im Alter von 15 Jahren den selben Effekt hat.
- ...dass ein höherer Zeitaufwand für Hausaufgaben im Alter von 15 Jahren die Wahrscheinlichkeit ebenfalls erhöht.
- ...dass eine grössere Neigung für kooperatives Lernen im Alter von 15 Jahren die Wahrscheinlichkeit reduziert, später ein MINT-Studium zu absolvieren.

Tabelle 24: Resultate der logistischen Regression

	Regressions- koeffizient	Standard- Fehler	P-Wert	Odds Ratio
Konstante	-5,699	0,584	0,0000	0,00
Berufswunsch: Ingenieur	1,119	0,267	0,0000	3,06
Geschlecht	1,042	0,326	0,0014	2,83
PISA-Mathematikleistung	0,882	0,146	0,0000	242
Sozioökon. Status (ISEI) des Berufswunschs	0,494	0,154	0,0013	1,64
Interesse für Mathematik	0,412	0,133	0,0020	1,51
Zeitaufwand für Hausaufgaben	0,363	0,128	0,0047	1,44
Kooperatives Lernen	-0,373	0,166	0,0242	0,69

Quelle: TREE, eigene Berechnungen

Abbildung 17: Grafische Darstellung des Logit-Modells



Quelle: eigene Darstellung

Basierend auf den Ergebnissen der logistischen Regression ist es nun möglich, darzustellen, wie sich die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, verändert, wenn sich eine der Einflussgrößen verändert, während die anderen Einflussfaktoren konstant gehalten werden. Dies haben wir für die beiden Variablen «PISA-Mathematikleistung» und «Interesse für Mathematik» gemacht. Die Ergebnisse sind **Abbildung 18** dargestellt, jeweils für die Frauen und Männern gesondert.

Die obere Grafik zeigt den **Einfluss der Mathematikleistung** im Alter von 15 Jahren auf die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden. Der graue Kreis markiert auf der X-Achse die durchschnittliche Mathematikleistung der 15-jährigen Schüler, die Eingang in die Untersuchungsstichprobe gefunden haben. Auf der Y-Achse markiert der graue Punkt die Wahrscheinlichkeit des durchschnittlichen Schülers, eine MINT-Fachkraft zu werden. Diese beträgt rund 8% und liegt damit markant unter 17% - dem Anteil der Schüler, die sich entschieden haben, eine MINT-Fachkraft zu werden. Die Differenz ist darauf zurückzuführen, dass die MINT-Schüler sich bezüglich der relevanten Einflussfaktoren von durchschnittlichen Schülern unterscheiden. Der rote Kreis, der sich auf die Schülerinnen bezieht, kann analog zum grauen Kreis interpretiert werden. Die schwarze und die rote Linie messen für den durchschnittlichen Schüler bzw. für die durchschnittliche Schülerin, wie sich die Wahrscheinlichkeit verändert, eine MINT-Fachkraft zu werden, wenn sich die Mathematikleistung verändert. Folgende Beobachtungen sind evident:

- Die durchschnittliche Mathematikleistung der 16jährigen Schülerinnen ist grundsätzlich schlechter als diejenige der Schüler.
- Die Kurve der Schüler liegt markant oberhalb der Kurve der Frauen. Die Differenz misst den Unterschied zwischen den Frauen und den Männern, der nicht auf die Mathematikleistung zurückgeführt werden kann.
- Die Kurve der Schüler ist steiler als diejenige der Schülerinnen. Dies bedeutet, dass eine Steigerung der Mathematikleistung die Wahrscheinlichkeit eine MINT-Fachkraft zu werden, bei den Schülern stärker verändert als bei den Frauen. Da die Kurve der Schülerinnen derart flach ist, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass mit einer Steigerung der Mathematikleistung der Schülerinnen der Anteil derjenigen, die sich für einen MINT-Studiengang entscheiden, nur marginal verändert werden kann.

In der unteren Grafik in **Abbildung 18** ist die **Wirkung des Interessens für Mathematik** auf die Wahrscheinlichkeit, MINT-Fachkraft zu werden dargestellt. Sie lässt folgende Schlussfolgerungen zu.

- Grundsätzlich ist das Interesse der durchschnittlichen Schülerin tiefer als dasjenige des durchschnittlichen Schülers.
- Die Kurve der Schüler liegt markant oberhalb der Kurve der Frauen. Die Differenz misst den Unterschied zwischen den Frauen und den Männern, der nicht auf das Interesse für Mathematik zurückgeführt werden kann.

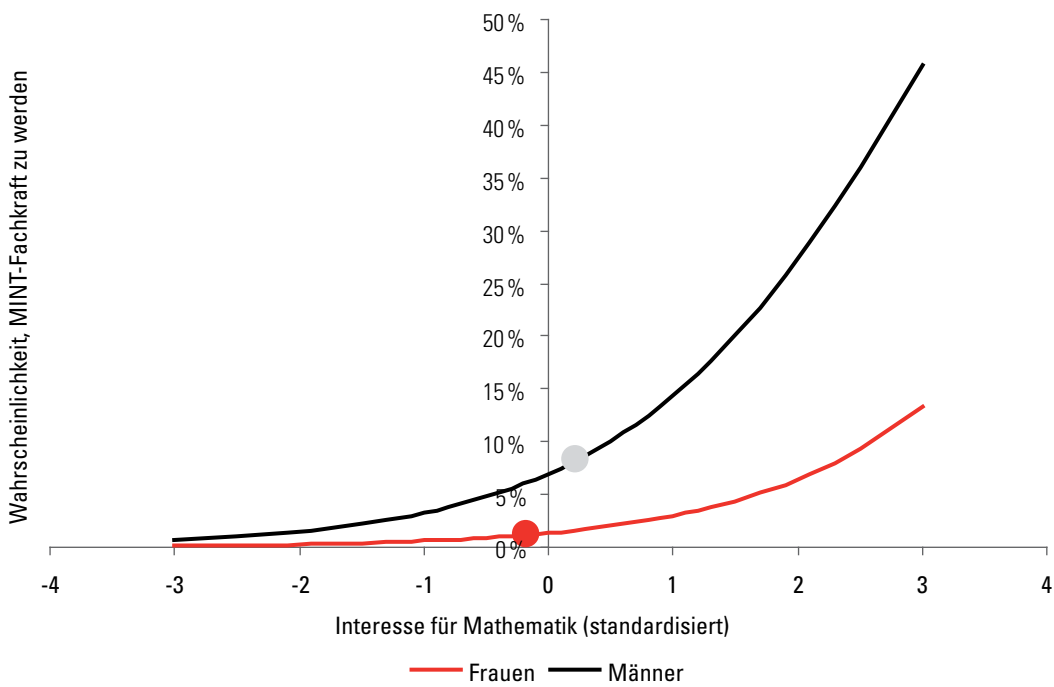
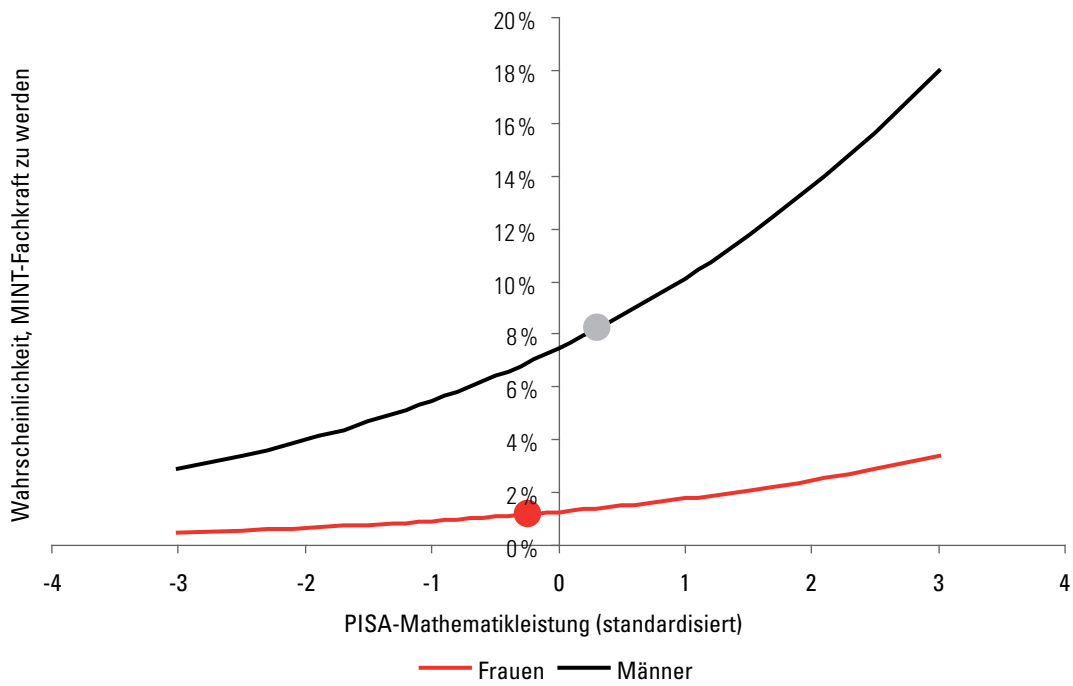
Die Kurve der Schüler ist steiler als diejenige der Schülerinnen. Dies bedeutet, dass eine Steigerung des Interessens die Wahrscheinlichkeit eine MINT-Fachkraft zu werden, bei den Schülern stärker verändert als bei den Frauen. Grundsätzlich verlaufen die Kurven bezüglich dem Interesse für Mathematik sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern steiler als die Kurven bezüglich der Mathematikleistung. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass eine Erhöhung des Interessens für Mathematik erfolgsversprechender ist als eine Erhöhung der Mathematikleistung, den Anteil der Personen, die sich dafür entscheiden, eine MINT-Fachkraft zu werden, zu steigern.

Abbildung 18 zeigt insbesondere, dass es bezüglich dem Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, einen ausgeprägten Geschlechterbias gibt. Um den Geschlechtereffekt prägnant darstellen zu können, haben wir in einem ersten Schritt auf der Basis der männlichen Untersuchungsstichprobe ein Logit-Modell geschätzt. In einem zweiten Schritt haben wir dieses Modell auf der Basis der weiblichen Untersuchungsstichprobe simuliert. Das Ergebnis dieser Simulation zeigt, wie sich die Wahrscheinlichkeit der 15-jährigen Schülerinnen, eine MINT-Fachkraft zu werden, verändern würde, wenn sie Männer wären, wobei sie bezüglich den restlichen Einflussfaktoren identisch bleiben würden. Die Ergebnisse sind **Tabelle 25** dargestellt und können folgendermassen zusammengefasst werden:

Wenn die Frauen Männer wären, würde sich die Wahrscheinlichkeit der 15-jährigen Schülerinnen, eine MINT-Fachkraft zu werden, von 2,6% auf 8,7% verdreifachen. Diese Wahrscheinlichkeit in der Höhe von 8,7% liegt jedoch immer noch markant unter der Wahrscheinlichkeit der 15-jährigen Schüler (17%).

Diese Ergebnisse können folgendermassen interpretiert werden. Der Unterschied der Schüler und Schülerinnen hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, beträgt 14,4%. 40% von diesem Unterschied, d.h. 6,1 Prozentpunkte, kann mit dem Geschlecht erklärt werden, was letztlich bedeutet, dass wir diese 6,1 Prozentpunkt nicht erklären können. Mit den gefundenen Einflussgrößen (Mathematikleistung, Interesse für Mathematik etc.) können wir 60% der Differenz von 14,4, also rund 8,3 Prozentpunkte erklären

Abbildung 18: Einfluss der Mathematikleistung und des Interessens für Mathematik auf die Wahrscheinlichkeit MINT-Fachkraft zu werden



Quelle: TREE, eigene Berechnungen

Tabelle 25: Einfluss des Geschlechts auf die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden

Untersuchungsstichprobe			
	KMINT		MINT
	N	N	in %
Frauen	898	24	2,6 %
Männer	643	132	17,0 %
Ergebnisse der Simulation «Wenn Frauen Männer wären»			
	KMINT		MINT
	N	N	in %
Frauen	842	80	8,7 %
Männer	643	132	17,0 %

Quelle: TREE, eigene Berechnungen

5.5 Fazit

Die Ergebnisse können folgendermassen zusammengefasst und interpretiert werden.

Bedeutung des Elternhauses

Die deskriptive Analyse der TREE-Daten hat ergeben, dass der **Bildungshintergrund der Eltern** den Entscheid beeinflussen, ein Studium auf der Stufe ISCED 5A zu absolvieren, nicht jedoch den Studienfachentscheid. Gemäss Boegli et al. (2005) gibt es allerdings einen Zusammenhang zwischen dem Bildungshintergrund der Eltern und dem Studienfachentscheid: Gemäss dieser Quelle ist der Anteil der MINT-Studierenden an den Universitären Hochschulen, die einen Vater oder eine Mutter mit einem ISCED-5A-Bildungsabschluss haben, im Vergleich zu anderen Fachbereichen überdurchschnittlich hoch. An den Fachhochschulen gilt gemäss Boegli et al. (2005) das Gegenteil: Der Anteil der MINT-Studierenden mit einem Vater oder einer Mutter, die ein Hochschulstudium absolviert haben, ist im Vergleich zu anderen Fachbereichen überdurchschnittlich tief.

Für den Entscheid pro oder contra einem MINT-Studiengang gibt es gemäss unseren deskriptiven Analysen der TREE-Daten einen (eher schwachen) Zusammenhang zwischen den **Einkommens- und Vermögensverhältnissen des Elternhauses** und dem Studienfachentscheid: Die MINT-Studierenden stammen im Vergleich zu Studierenden anderer Fachrichtungen tendenziell aus Familien mit höheren Einkommens- und Vermögensverhältnissen.

Abstrahiert man davon, dass einige Ergebnisse unserer deskriptiven Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Elternhaus und dem Studienfachentscheid mit den Ergebnissen von Boegli et al. (2007) teilweise nicht konsistent sind, legen die Ergebnisse eine Interpretation im Sinne von zwei Argumentationsfiguren dar, die wir «**success expectancy**» sowie «**Einkommens-induzierte Selbstselektion**» nennen. Die **Argumentationsfigur der «success expectancy»**, die etwa Hemmo (2005) ausführt, besagt, dass angehende Studierende aus tieferen sozialen Schichten einfachere Studiengänge wählen, da sie bezüglich einem allfälligen, unfreiwilligen Studienabbruch aufgrund ungenügender Leistungen risikoaverser sind als Studierende aus sozial höheren Schichten. MINT-Studiengänge gelten jedoch als schwierig, weshalb sie von den Studierenden aus sozial tieferen Schichten nicht gewählt werden. Die **Argumentationsfigur der «Einkommens-induzierten Selbstselektion»** baut auf der von Boegli et al. (2007) empirisch nachgewiesenen Tatsache auf, dass MINT-Studiengänge zeitlich markant aufwändiger sind als alternative Studiengänge, was sowohl für die Universitäten als auch für die Fachhochschulen gilt. Aus diesem Grund kann während einem MINT-Studiengang, im Vergleich zu alternativen Studiengängen, einer einkommensgenerierenden Erwerbstätigkeit neben dem Studium nur in vermindertem Ausmass nachgegangen werden kann – sofern nicht eine Verlängerung des Studiums in Kauf genommen wird²⁹. Dies führt dazu, dass die angehenden Studierenden aus sozial tieferen Schichten, die nur in vermindertem Umfang von der Familie finanziell unterstützt werden können, sich nicht für einen MINT-Studiengang, sondern für einen Studiengang entscheiden, der weniger aufwändig ist.

²⁹ Die Hypothese, dass Studierende aus sozial tieferen Schichten einer Verlängerung des Studiums besonders abgeneigt sind, da sie möglichst rasch in den Arbeitsmarkt eintreten möchten, so dass sie möglichst früh in den Genuss eines regelmässigen, hohen Einkommens kommen, erscheint uns nicht völlig unplausibel.

Relativierend muss allerdings eingeräumt werden, dass im Rahmen der multivariaten Modellierung keine Variablen zum Elternhaus Eingang in das optimierte Logit-Modell gefunden haben. Deshalb sind wir vorsichtig, die deskriptiv identifizierten Zusammenhänge und Korrelationen kausal zu interpretieren. Die soeben formulierten Argumentationsfiguren enthalten jedoch Kausalaussagen, so dass auch diese mit Vorsicht zur Kenntnis zu nehmen sind. Abschliessend möchten wir darauf hinweisen, dass die Argumentationsfiguren der «success expectancy» mit weiteren Erkenntnissen konsistent sind, die wir im Rahmen der deskriptiven Analyse und der multivariaten Modellierung der TREE-Daten gewinnen konnten: Denn die Argumentationsfigur der «success expectancy» ist eine Argumentationsfigur, die etwas mit Leistungsfähigkeit bzw. der Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit zu tun hat. Dass der Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, etwas mit Leistungsorientierung und Leistungsfähigkeit zu tun hat, zeigen auch die Resultate bezüglich der folgenden Variablen: Mathematikleistung im Alter von 15 Jahren, kompetitives Lernen, investierter Zeitaufwand für Hausaufgaben und sozioökonomischer Index des Berufswunsches im Alter von 15 Jahren.

Bedeutung und Persistenz des Interesses

Unsere multivariate Logit-Modellierung hat gezeigt, dass die beiden «Ich-Will-Variablen», die Variablen «Berufswunsch im Alter von 15 Jahren: MINT-Fachkraft» sowie «Interesse mit 15 Jahren» den Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, signifikant beeinflussen, wobei der Berufswunsch der 15-Jährigen, im Alter von 30 Jahren MINT-Fachkraft zu sein, einen äusserst starken Einfluss zeitigt. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Interessen im Alter von 15 Jahren äusserst persistent sind. Damit sind sie konsistent mit der internationalen Forschung zum Studienfachentscheid, in der es einen Konsens dahingehend gibt, dass das Interesse erstens der mit Abstand wichtigste Faktor bezüglich dem Studienfachentscheid darstellt und dass das Interesse am Ende der Sekundarstufe I äusserst persistent ist, so dass diese Faktoren, zusammen mit dem Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I, die weitere Bildungsbiografie schon fast deterministisch festlegen. Die Persistenz und Determination wird dabei durch informelle und formelle Zugangsbarrieren beim Übergang von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe verstärkt, so dass eine sehr starke Koppelung zwischen dem 1. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I und dem 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II entsteht. Die Tatsache, dass von den 136 Personen unserer TREE-Untersuchungsstichprobe, die eine Berufslehre absolviert haben und später in einen MINT-Studiengang eingetreten sind (zum überwiegenden Anteil in MINT-Studiengänge an den Fachhochschulen), knapp 85 %, d.h. 114 der 136 Personen, auf der Sekundarstufe II eine technische Berufslehre absolviert haben, unterstreicht, dass diese Koppelung, die Persistenz und der determinierende Charakter des Interesses mit 15 Jahren, äusserst stark sind.

Selektierende Funktion der Mathematik

Die deskriptive und multivariate Analyse der TREE-Daten haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit in und das Interesse für Mathematik im Alter von 15 Jahren die Wahrscheinlichkeit, später eine MINT-Fachkraft zu werden, stark positiv beeinflussen. Dass die «Ich-Kann-Variable», d.h. die Leistungsfähigkeit in Mathematik im Alter von 15 Jahren, den später zu treffenden Studienfachentscheid derart stark beeinflusst, zeigt wiederum, dass der Studienfach pro oder contra MINT etwas mit Leistungsfähigkeit zu tun hat. Interessant ist dabei die Beobachtung, dass nicht die Leistungsfähigkeit in den Naturwissenschaften entscheidend ist, sondern diejenige in der Mathematik. Auch das Interesse für Naturwissenschaften ist bezüglich dem Studienfachentscheid pro oder contra MINT offenbar irrelevant. Bezüglich dem Studienfachentscheid kommt der Mathematik also nicht nur in den Exakten Wissenschaften, sondern auch in den eher praktische ausgerichteten Ingenieurwissenschaften eine selektierende Funktion zu.

Werte der «MINT-Welt»: Leistungsfähigkeit, Wettbewerb, Fleiss und Ehrgeiz

In der deskriptiven und multivariaten Analyse der TREE-Daten hat sich gezeigt, dass die Affinität von angehenden MINT-Fachkräften zu kompetitivem Lernen überdurchschnittlich hoch ist. Bezüglich dem kooperativen Lernen lässt sich ein gegenteiliger Zusammenhang beobachten. Mit der Logit-Modellierung der TREE-Daten konnte darüber hinaus zum einen gezeigt werden, dass ein hoher sozioökonomischer Status des Berufswunsches der 15-jährigen PISA-Schüler/innen die Wahrscheinlichkeit erhöht, später eine MINT-Fachkraft zu werden. Der sozioökonomische Status des Berufswunsches kann dabei als Indikator des Ehrgeizes im Alter von 15 Jahren interpretiert werden. Zum anderen hat sich herausgestellt, dass sich auch der Fleiss der 15-Jährigen, operationalisiert mit dem Zeitaufwand, der für das Erledigen von Hausaufgaben eingesetzt wird, die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, positiv beeinflusst. Schliesslich ist – wie bereits oben ausgeführt – die Leistungsfähigkeit in Mathematik ein wichtiger Einflussfaktor. Zusammengenommen ergibt sich so ein Bild der «MINT-Welt», das in einem gewissen Sinne als elitär bezeichnet werden kann – zumindest aber kann festgestellt werden, dass Leistungsfähigkeit, Kompetitivität, Ehrgeiz und Fleiss Werte sind, die der Affinität zur «MINT-Welt» förderlich sind.

Ausgeprägter Geschlechterbias

In Gehrig und Fritschi (2008) haben wir nachgewiesen, dass der Frauenanteil an den Studierenden der Informatik und der Ingenieurwissenschaften in der Schweiz im internationalen Vergleich äusserst tief ist und nur in Japan dieser Frauenanteil noch geringer ist. Auch die Analyse der TREE-Daten hat gezeigt, dass die «MINT-Welt» eine männerdominierte Welt ist. Unsere Ergebnisse, die auf der Analyse der TREE-Daten basieren, bestätigen den ausgeprägten Geschlechterbias. Die Wahrscheinlichkeit eines 15-jährigen Schülers, später eine MINT-Fachkraft zu werden, beträgt gemäss unserer TREE-Untersuchungsstichprobe 17%. Diese Wahrscheinlichkeit beträgt bei einem 15-jährigen Mädchen demgegenüber nur gerade 2.6 %. Die Differenz von 14.4 Prozentpunkten kann zu 40% auf das Geschlecht zurückgeführt werden: Wenn die 15-jährigen Schülerinnen in unserer TREE-Untersuchungsstichprobe, die eine Wahrscheinlichkeit von 2.6 % haben, eine MINT-Fachkraft zu werden, sozusagen «über Nacht» das Geschlecht wechseln würden, während die restlichen Eigenschaften dieser Schülerinnen konstant bleiben würden, würde sich die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden «über Nacht» auf 8,7 % verdreifachen. Da man das Geschlecht als Menge von möglicherweise unendlichen Eigenschaften bzw. Variablen interpretieren kann, gilt zugleich: 40 % der Differenz von 14,4 Wahrscheinlichkeitspunkten zwischen den Schüler und Schülerinnen können wir nicht erklären. Vor dem Hintergrund der in Gehrig und Fritschi (2008) durchgeführten Literaturanalyse zum Ingenieurmangel sind folgende Erklärungsansätze denkbar, welche dieser unerklärbaren Differenz in der Höhe von 6,1 Wahrscheinlichkeitspunkten zu Grunde liegen könnten:

- Schlechtere Vereinbarkeit von Familie und Beruf, wenn man MINT-Fachkraft ist.
- Peer-Group-Effekte: Die zum teil sehr kleinen Zahlen an Studentinnen, z.B. in den Studiengängen der Elektrotechnik, führen dazu, dass die Studentinnen keine «peer-groups» (z.B. in Form von Lerngruppen) gebildet werden können und dass die vereinzelt Studentinnen im männerdominierten Studienumfeld stark auffallen und ausgestellt sind.
- Geschlechterspezifische, schulische und ausserschulische Technik-Sozialisierung zwischen 0 und 15 Jahren, die das Interesse der Mädchen für Technik negativ beeinflusst.
- Fehlende MINT-Rollenbilder und MINT-Vorbilder für Mädchen.
- Stereotype Erwartungen an die Mädchen durch Eltern, Lehrpersonen und anderen Autoritätspersonen.
- Das Hochschul-Umfeld im Bereich MINT ist von einer männlichen Kultur geprägt, mit der sich die Studentinnen nicht identifizieren können.
- Mädchen und Frauen haben allgemein ein stärkeres Interesse für Personen als für Objekte.
- Die Mädchen schätze die eigene Leistungsfähigkeit in MINT-Fächern tiefer ein als die Knaben.

Die restlichen 60 %, d.h. die übrigbleibenden 8,3 Wahrscheinlichkeitspunkten in der Differenz zwischen den Schülern und den Schülerinnen können hingegen damit erklärt werden, dass die Schülerinnen sich bezüglich den restlichen relevanten Variablen (Interesse für Mathematik, PISA-Leistung in Mathematik, Berufswunsch: MINT-Fachkraft, Sozio-ökonomischer Status des Berufswunsches, Kooperatives Lernen und Zeitaufwand für Hausaufgaben) von den Schülern unterscheiden. Unter anderem dadurch, dass sie sich weniger für Mathematik interessieren, schlechtere PISA-Mathematikleistungen haben, weniger den Berufswunsch haben, eine MINT-Fachkraft zu werden, eher dem kooperativen Lernen zugetan sind und Berufswünsche hegen, die weniger ehrgeizig sind (s. Tabelle 22 und Tabelle 23 für die Unterschied zwischen Mann und Frau in diesen Variablen). Diese ungünstige Ausprägung der 15-jährigen Schülerinnen bezüglich der Faktoren, die bezüglich der Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, relevant sind, können zum Teil allenfalls auch auf die weiter oben aufgelisteten Erklärungsansätze zurückgeführt werden, die in der Literatur gefunden werden können.

5.6 Resultate der Unternehmensbefragung

Im Rahmen der Online-Unternehmensbefragung haben wir die Unternehmen, die seit dem Januar 2008 mindestens einmal unter einem MINT-Fachkräftemangel gelitten haben, nach ihrer Meinung zu den Ursachen des MINT-Fachkräftemangels befragt. Hierfür legten wir ihnen eine Itematterie von Aussagen zu möglichen Ursachen vor, zu welchen sie ihre Zustimmung äussern konnten. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 26** dargestellt, wobei die Aussagen zu den möglichen Ursachen gemäss der Zustimmung durch die Unternehmen sortiert sind. In der ersten Datenspalte ist ein Index der Zustimmung dargestellt, der Werte zwischen -1 und 1 annehmen kann (Trifft voll zu = 1, Trifft eher zu = 0,5, Trifft eher nicht zu = -0,5, Trifft überhaupt nicht zu = -1). In den 4 weiteren Spalten ist die durchschnittliche Mangelbetroffenheit der Unternehmen für die verschiedenen Antwortkategorien dargestellt.

Ohne die Tabelle im Detail zu kommentieren, möchten wir folgende zwei Beobachtungen festhalten:

- Grundsätzlich ist der Zustimmungswert mit der Mangelbetroffenheit der antwortenden Unternehmen positiv korreliert: diejenigen Unternehmen, die stark vom MINT-Fachkräftemangel betroffen sind, stimmen den Aussagen zu den Ursachen auch mehr zu.

Die Unternehmen sehen die Ursachen weniger in intrinsischen Faktoren (Technikinteresse etc.) als in extrinsischen Faktoren. In diesem Sinne erhalten die Aussagen, die den MINT-Fachkräftemangel in der Erhöhung der Nachfrage nach technischem Humankapital und in der Ausweitung des Ausbildungsangebots auf der Tertiärstufe begründet sehen, die grösste Zustimmung.

Tabelle 26: Ursachen des MINT-Fachkräftemangels gemäss den befragten Unternehmen

	1 < Index <-1	Ø-Mangel- betroffenheit in %			
		Trifft voll zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft über- haupt nicht zu
...dass die Nachfrage nach MINT-Fachkräften wegen des Strukturwandels hin zu einer Wissensgesellschaft («skill-biased technological chance») in den letzten 15 Jahren stark zugenommen hat.	0,46	8,5 %	7,9 %	9,7 %	39,9 %
...dass sich das Angebot an tertiären Ausbildungsangeboten bzw. Studiengängen in den letzten Jahren sehr stark vergrössert hat und MINT-Studiengängen so einer verstärkten Konkurrenz ausgesetzt sind.	0,31	10,1 %	8,2 %	8,4 %	8,4 %
...dass der Unterricht in Mathematik und Naturwissenschaft an der Volksschule von den Schüler/-innen als langweilig und kompliziert wahrgenommen wird.	0,22	14,2 %	8,9 %	7,5 %	3,5 %
...dass die Kinder und Schüler/-innen von ihren Eltern nicht mehr technisch und naturwissenschaftlich sozialisiert werden.	0,20	8,0 %	8,9 %	10,1 %	6,6 %
...dass ein MINT-Studium im Vergleich zu anderen Studienfachrichtungen schwieriger und aufwändiger ist.	0,14	14,7 %	8,6 %	8,9 %	3,9 %
...dass die Schüler/-innen, die sich am Ende der Sekundarstufe I für MINT-Berufe interessieren, aufgrund schlechter (Unterrichts-) Erfahrungen auf der Sekundarstufe II das Interesse verlieren und sich dann für eine tertiäre Ausbildung (Studium) ausserhalb	0,12	16,6 %	7,9 %	8,8 %	7,3 %
...dass die Schüler/-innen und Jugendlichen schlechte Kenntnisse der Mathematik, Technik und Naturwissenschaft haben, so dass ihnen ein Studium im MINT-Bereich zu schwierig erscheint.	0,11	14,2 %	8,0 %	9,2 %	5,6 %
...dass die Unternehmen der Schweiz zuwenig Lehrstellen im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich anbieten.	0,10	7,9 %	10,0 %	8,1 %	11,8 %
...dass die guten Berufsaussichten von MINT-Fachkräften bei der Studienfachwahl nur (noch) eine untergeordnete Rolle spielen.	0,08	13,2 %	9,6 %	7,0 %	8,3 %
...dass die Löhne für MINT-Fachkräfte unter Berücksichtigung des Aufwands für das Studium zu tief sind. Der finanzielle Anreiz, ein MINT-Studium zu absolvieren, ist zu tief – insbesondere im Vergleich zu konkurrierenden Studienrichtungen wie BWL und Recht	0,08	12,7 %	7,9 %	6,2 %	11,9 %
...dass in der Schweiz ein Wertewandel stattgefunden hat: Im Gegensatz zu Entwicklungs- und Schwellenländern wird Technik als etwas Gegebenes betrachtet, um das man sich nicht mehr zu bemühen braucht.	0,06	11,4 %	7,8 %	7,9 %	14,2 %
...dass an der Volksschule zu wenig Mathematik und Naturwissenschaften unterrichtet wird.	0,04	11,2 %	7,9 %	9,1 %	12,5 %
...dass sich die Jugendlichen zu wenig für Technik und Naturwissenschaft interessieren.	-0,02	12,7 %	8,9 %	8,5 %	9,6 %
...dass MINT-Fachkräfte bei den Schüler/-innen und Jugendlichen ein schlechtes, z.B. langweiliges Image haben.	-0,06	13,0 %	12,1 %	7,3 %	4,9 %
...dass Jugendliche glauben, dass die Probleme der Natur und der Gesellschaft nicht mehr technologisch, sondern nur noch sozial gelöst werden können.	-0,26	11,4 %	8,0 %	9,3 %	8,0 %

Anmerkungen: N = 383, Filter: Unternehmen, die zwischen Januar 08 und März 09 vom MINT-Fachkräftemangel betroffen waren, ungewichtete Daten

Quelle: BASS Online-Unternehmensbefragung zum MINT-Fachkräftemangel (März 2009)

6 Schlussfolgerungen

Angesichts der Tatsache, dass es im Jahr 2008 aufgrund des MINT-Fachkräftemangels einen Wohlfahrtsverlust von rund 2 Milliarden Franken gegeben hat – ein Betrag, der immerhin 0.4 % der Wertschöpfung der Schweizer Volkswirtschaft im Jahr 2008 entspricht –, liegt der Schluss nahe, Massnahmen zur Erhöhung des Angebots an MINT-Fachkräften auf dem Schweizer Arbeitsmarkt zu definieren und einzuleiten. Wenn solche Massnahmen effektiv sein sollen, muss bei der Definition derselben den Tatbeständen Rechnung getragen werden, die wir im Rahmen dieser Studie erkennen konnten. Die wichtigsten Erkenntnisse können folgendermassen zusammengefasst werden:

Die Nachfrage nach MINT-Fachkräften und damit auch die MINT-Fachkräftelücke reagieren sehr stark auf konjunkturelle Schwankungen. Der funktionale Zusammenhang zwischen der Konjunktur und dem MINT-Fachkräftemangel impliziert, dass es in der Schweiz eine strukturelle MINT-Fachkräftelücke gibt. Diese beträgt rund 10'000 MINT-Fachkräfte, wenn sich die Schweizer Volkswirtschaft auf ihrem langfristigen Wachstumspfad bewegt. Der strukturelle MINT-Fachkräftemangel kann darauf zurückgeführt werden, dass die Entwicklung des Angebots an MINT-Fachkräften in der Vergangenheit nicht mit der substantiellen Ausdehnung der Nachfrage nach MINT-Fachkräften Schritt gehalten hat: Seit 1950 hat sich die Nachfrage nach MINT-Fachkräften infolge des tiefgreifenden Strukturwandels der Schweizer Volkswirtschaft hin zu einer Technologie-affinen Wissensgesellschaft fast verzehnfacht. Trotz der Existenz eines strukturellen MINT-Fachkräftemangels kann auf dem MINT-Arbeitsmarkt kein Marktversagen diagnostiziert werden, da der Preismechanismus auf diesem einwandfrei funktioniert: Die Reallöhne der MINT-Fachkräfte haben in den letzten Jahren schnell und substantiell auf die Verknappung des Angebots an MINT-Fachkräften reagiert. Demgegenüber konnten wir keinen statistisch signifikanten Einfluss des MINT-Fachkräftemangels auf die Anzahl Eintritte in MINT-Studiengänge an Universitäten und Fachhochschulen nachweisen. Überdies konnten wir in den empirischen Daten keinen Schweinezyklus identifizieren. Unsere Analyse des MINT-Arbeitsmarktes hat des Weiteren gezeigt, dass die Immigration von ausländischen MINT-Fachkräften eine substantielle Grössenordnung aufweist und dementsprechend für die Deckung des MINT-Fachkräfte-Bedarfs der Schweizer Volkswirtschaft elementar ist. In den Jahren 2007 und 2008 sind jeweils rund 10 000 MINT-Fachkräfte in die Schweiz eingewandert.

Eine Analyse der Faktoren, welche die Wahrscheinlichkeit eines Individuums tangieren, eine MINT-Fachkraft zu werden, hat gezeigt, dass diese Wahrscheinlichkeit im Alter von 15 Jahren schon sehr stark determiniert ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Interessen bei den Schüler/innen am Ende der Sekundarstufe I bereits hochgradig festgelegt und stabil sind und so auf die weitere Bildungsbiografie determinierend einwirken. Der Mathematik kommt bezüglich dem Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, eine besonders wichtige Funktion zu – einerseits in Form des Interessens für Mathematik, andererseits in Form der Leistungsfähigkeit in Mathematik im Alter von 15 Jahren. Es gibt empirische Hinweise, dass die Relevanz von Leistungsfähigkeit und Leistungsorientierung für den Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, darin begründet ist, dass MINT-Studiengänge im Vergleich zu konkurrierenden Studiengängen als schwieriger wahrgenommen werden und von den Studierenden einen überdurchschnittlich hohen Zeitaufwand einfordern. Schliesslich muss festgehalten werden, dass das Geschlecht die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, sehr stark beeinflusst: Die Wahrscheinlichkeit, eine MINT-Fachkraft zu werden, ist für einen Schüler im Alter von 15 Jahren rund fünfmal so hoch ist wie für eine gleichaltrige Schülerin.

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse und empirischen Tatbeständen können wir bezüglich allfälligen politischen Massnahmen, welche die strukturelle MINT-Fachkräftelücke reduzieren sollen, vier Ansätze deduzieren:

- **Erhöhung des Interessens für Mathematik und Technik:** Eine nachhaltige Erhöhung des Anteils von MINT-Studiengängen an der Anzahl tertiärer Studieneintritte kann nur gelingen, wenn das Interesse für Mathematik und Technik, das gegen Ende der Sekundarstufe I bei den Schweizer Schülerinnen und Schüler vorliegt, erhöht werden kann. Massnahmen zur Steigerung dieser Interessen sollten dabei idealerweise bereits auf der Primarstufe oder sogar im Vorschulalter eingesetzt werden. Dabei kann allenfalls an das bekanntlich hohe Interesse von Kindern und Jugendlichen für Computer, Internet, Handys, Games etc. angeknüpft werden. Ein besonderer Fokus sollte darauf gelegt werden, die geschlechterspezifische Interessenssozialisation zu durchbrechen. Diesbezüglich ist eine Sensibilisierung von Betreuungs- und Lehrkräften wünschenswert, die in Kindertagesstätten, in der Primarschule oder auf der Sekundarstufe I tätig sind.
- **Erhöhung der Leistungsfähigkeit in Mathematik:** Der Mathematik kommt beim Entscheid, eine MINT-Fachkraft zu werden, eine selektierende Filterfunktion zu. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass durch eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in Mathematik, die Wahrscheinlichkeit, dass diese später MINT-Fachkräfte werden, erhöht werden kann. Denn wenn die angehenden Studierenden eine höhere Leistungsfähigkeit in Mathematik haben, erscheinen ihnen die MINT-Studiengänge weniger schwierig («success expectancy»).

- **Förderung der Immigration von MINT-Fachkräften und MINT-Bildungsausländer/innen:** Bereits heute ist die Immigration von MINT-Fachkräften für die Deckung des MINT-Arbeitskräftebedarfs der Schweizer Unternehmen elementar. Durch entsprechende Massnahmen sollte es möglich sein, den ausländischen Pool bestehend aus MINT-Fachkräften und angehenden Studierenden von MINT-Studiengängen noch stärker zu nutzen.
- **Erhöhung der relativen Bildungsrenditen von MINT-Studiengängen:** Es sind Massnahmen denkbar, welche die Kosten, die Studierende von MINT-Studiengängen zu tragen haben, reduzieren, so dass die Bildungsrendite von MINT-Studiengängen gegenüber konkurrierenden Studiengängen steigt. Diese Kosten bestehen aus Immatrikulationskosten, Kosten für Materialien, die im Rahmen des MINT-Studiums benötigt werden (Computer etc.) und aus den Opportunitätskosten im Sinne entgangener Einkommen aus bezahlter Erwerbsarbeit. Insbesondere die letztgenannten Kosten dürften bei angehenden Studierenden aus sozial tieferen Schichten den Entscheid, einen MINT-Studiengang zu wählen, negativ tangieren.

7 Anhang

7.1 Definition der Branchen

Tabelle 27: Definition der Branchen gemäss NOGA 2008

NOGA 2008	BAU: Bauwirtschaft	METALL: Metallindustrie	ELEKTRO: Elektroindustrie	MACH: Maschinenindustrie	CHEMIE: Chemie, Pharma Medizin	TK & IT: Telekom. & Informationstechn.	F & E: Forschung & Entwicklung	FINANZ: Finanz- und Versicherungswesen	HANDEL: Handel	V & B: Verwaltung und Bildung	VTRT: Verkehr, Transport, Reisen, Tourismus	REST: Diverse NOGA-3Steller
		2. Sektor					3. Sektor					
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen				x							
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen				x							
325	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien				x							
24	Metallerzeugung und -bearbeitung	x										
25	Herstellung von Metallerzeugnissen	x										
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen		x									
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen		x									
351	Elektrizitätsversorgung		x									
28	Maschinenbau			x								
29	Herstellung von Automobilen und Automobilteilen			x								
30	Sonstiger Fahrzeugbau			x								
41	Hochbau	x										
42	Tiefbau	x										
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe	x										
711	Architektur- und Ingenieurbüros	x										
45	Handel mit Motorfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Motorfahrzeugen							x				
46	Grosshandel (ohne Handel mit Motorfahrzeugen)							x				
47	Detailhandel (ohne Handel mit Motorfahrzeugen)							x				
49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen										x	
50	Schifffahrt										x	
51	Luftfahrt										x	
52	Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr										x	
53	Post-, Kurier- und Expressdienste										x	
55	Beherbergung										x	
56	Gastronomie										x	
79	Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen										x	
61	Telekommunikation					x						
62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie					x						
63	Informationsdienstleistungen					x						
64	Erbringung von Finanzdienstleistungen							x				
65	Versicherungen, Rückversicherungen und Pensionskassen (ohne Sozialversicherung)							x				
66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Tätigkeiten							x				
712	Technische, physikalische und chemische Untersuchung						x					
721	Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin						x					
84	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung									x		
85	Erziehung und Unterricht									x		
	NOGA-3Steller: 016, 021, 108, 120, 172, 192, 235, 352, 353, 581, 683, 691, 692, 702, 731, 741, 862, 869, 932, 941, 949, 951											x

Quelle: eigene Darstellung

7.2 Definition der MINT-Kategorien

Tabelle 28: Zuordnung der Fachrichtungen an den universitären Hochschulen zu den MINT-Kategorien

	Technik & IT	Informatik	Technik	Elektrotechnik	Maschinentechnik	Mikrotechnik	Wirtschaftsingenieurwesen	Andere aus Technik & IT	Bauwesen	Bau	Planung und Vermessung	Architektur	Chemie & Life Sciences	Chemie	Biotechnologie	Gesundheit	Andere	Geografie	Exakte Wissenschaften	Andere MINT
Technische Wissenschaften																				
Bauwesen u. Geodäsie																				
Bauingenieurwesen									x	x										
Architektur u. Planung									x			x								
Kulturtechnik u. Vermessung									x		x									
Maschinen- u. Elektroingenieurw.																				
Mikrotechnik	x		x			x														
Kommunikationssysteme	x		x			x														
Elektroingenieurwesen	x		x	x																
Maschineningenieurwesen	x		x		x															
Betriebs- u. Produktionsw.	x		x				x													
Materialwissenschaften	x		x																	
Techn. Wiss. fächerüberg./übrige																				
Chemieingenieurwesen													x	x						
Techn. Wiss. fächerüberg./übrige	x		x					x												
Agrar- u. Forstwissenschaften																				
Forstwirtschaft																	x			x
Agrarwirtschaft																	x			x
Lebensmittelwissenschaften													x	x						
Wirtschaftswissenschaften																				
Betriebsinformatik	x	x	x																	
Naturwissenschaften																				
Chemie													x	x						
Erdwissenschaften									x		x									
Geographie																	x		x	
Naturwiss. fächerüberg./übrige																	x			x
Medizin u. Pharmazie																				
Pharmazie													x		x					
Exakte u. Naturwiss.																				
Mathematik																	x			x
Informatik	x	x																		
Astronomie																	x			x
Physik																	x			x
Exakte Wiss. fächerüberg./übrige																	x			x

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 29: Zuordnung der Fachrichtungen an den Fachhochschulen zu den MINT-Kategorien

	Technik & IT		Technik	Elektrotechnik	Maschinentechnik	Mikrotechnik	Wirtschaftsingenieurwesen	Andere aus Technik & IT	Bauwesen		Chemie & Life Sciences	Andere			
	Informatik								Bau	Planung und Vermessung	Chemie	Biotechnologie	Geografie	Exakte Wissenschaften	Andere MINT
Architektur, Bau- und Planungswesen															
Architektur									x	x					
Bauingenieurwesen									x	x					
Raumplanung									x	x					
Landschaftsarchitektur									x	x					
Geomatik									x	x					
Holztechnik									x						
Gebäudetechnik									x	x					
Technik & IT															
Informatik	x	x													
Mikrotechnik	x		x			x									
Telekommunikation	x		x			x									
Systemtechnik	x		x			x									
Techn. Projektmanag. in Mechatronik	x		x			x									
Elektrotechnik	x		x	x											
Maschinentechnik	x		x		x										
Automobiltechnik	x		x		x										
Wirtschaftsingenieurwesen	x		x				x								
Medieningenieurwesen	x		x				x								
Wirtschaft und Dienstleistungen															
Wirtschaftsinformatik	x	x													
Chemie und Life Sciences															
Biotechnologie											x	x			
Lebensmitteltechnologie											x	x			
Life Technologies											x	x			
Chemie											x	x			
Oenologie														x	x
Umweltingenieurwesen								x	x						
Land- und Forstwirtschaft															
Landwirtschaft														x	x
Forstwirtschaft														x	x

Quelle: eigene Darstellung

8 Literaturverzeichnis

- Becker Rolf (2000): Studierbereitschaft und Wahl von ingenieurwissenschaftlichen Studienanfängern. Eine empirische Untersuchung sächsischer Abiturienten der Abschlussjahrgänge 1996, 1998 und 2000, Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
- Brown Clair und Greg Linden (2007): Is There a Shortage of Engineering Talent in the U.S., Institute for Research on Labor and Employment, Working Paper Series, Paper iirwps-163-07, URL: <http://repositories.cdlib.org/iir/iirwps/iirwps-163-07> [Stand: 29.05.2008]
- Heine Christoph, Jürgen Egel, Christian Kerst, Elisabeth Müller und San-Min Park (2006): Bestimmungsgründe für die Wahl von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen. Ausgewählte Ergebnisse einer Schwerpunktstudie im Rahmen der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW)
- Helferich Christoph (1998): Geschichte der Philosophie. Von den Anfängen bis zur Gegenwart und Östliches Denken, 6. Auflage Februar 2005, München: dtv
- Hemmo Valérie (2005): Declining Enrolment in S&T Studies: Is it Real? What are the Causes? What can be Done?, OECD Global Science Forum
- Jacobsson Staffan, Cecilia Sjöberg und Marie Wahlström (2001): «Alternative Specifications of the Institutional Constraints to Economic Growth – Or Why Is There a Shortage of Electronic Engineers and Computer Scientists in Sweden?», *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 13, No. 2, Juni, 179-193
- Kettner und Spitznagel (2006): «Gesamtwirtschaftliches Stellenangebot: Kräftiger Anstieg nach jahrelangem Rückgang», *IAB Kurzbericht*, Ausgabe Nr. 6 vom 27. 4. 2006, Roggentin (D): Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
- Koppel Oliver (2007): Ingenieurmangel in Deutschland – Ausmass und gesamtwirtschaftliche Konsequenzen, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln
- Koppel Oliver (2008): Ingenieurücke in Deutschland – Ausmass, Wertschöpfungsverluste und Strategien, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln
- Minks Karl-Heinz (2000): Studienmotivation und Studienbarrieren, in: Hochschul-Informationssystem GmbH [Hrsg.]: Kurzinformation HIS November 2000, Hannover: Hochschul-Informationssystem GmbH
- Minks Karl-Heinz (2001): Allokationsprobleme beim Zugang in die Ingenieurwissenschaften und Folgen für den «Anbietermarkt», URL: <http://www.his.de/publikation/seminar/Tagung2001/Minks.pdf>
- Minks Karl-Heinz (2004): Wo ist der Ingenieurwachstum?, in: Hochschul-Informationssystem GmbH [Hrsg.]: Kurzinformation HIS September 2004, Hannover: Hochschul-Informationssystem GmbH
- OECD (2007): Bildung auf einen Blick 2007. OECD-Indikatoren, Paris: OECD
- Pastor Mandy und Andrä Wolter (2005): Studiennachfrage und Nachwuchspotentiale in den Ingenieurwissenschaften – Das Beispiel Sachsens im Bundesvergleich, *Beiträge zur Hochschulforschung*, Vol. 27, No. 2, 46-70
- Poglia Edo et al. (2004): Le choix des études universitaires en Suisse. Une enquête auprès des étudiant(e)s en sciences exactes, naturelles et techniques ainsi qu'en sciences sociales, Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES 2004/3f), Berne.
- Poglia Edo und Christina Molo (2007): Le choix des études universitaires : sciences sociales plutôt que sciences exactes et techniques ? Enquête auprès des étudiantes et des étudiants débutant(e)s dans les hautes écoles universitaires en Suisse, in *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 29/1, 125-150
- Sachverständigenrat (2007): Fachkräftemangel in Deutschland – eine Herausforderungen für die Wirtschaftspolitik. Ziffern 525 bis 547, in Sachverständigenrat [Hrsg.]: Jahresgutachten 2007/08, Wiesbaden, URL: http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/download/ziffer/z535_547j07.pdf [Stand: 26. 06. 2009]
- Swiss Engineering STV (2008): Saläre Salaires. Saläre für Ingenieure und Architekten, Ausgabe 2008/09, Zürich: September 2008
- VDI (2004): Fachkräftemangel bei Ingenieuren. Aktuelle Situation und Perspektiven, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH
- Zwick Michael M. und Ortwin Renn (2000): Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer, Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidenössisches Departement des Innern EDI
Staatssekretariat für Bildung und Forschung
Universitäten

Hallwylstrasse 4
CH-3003 Bern
T +41 31 322 48 44
F +41 31 322 78 54
info@sbf.admin.ch
www.sbf.admin.ch