

Ingenieurmangel in der Schweiz und im Kanton Graubünden

Ausmass, Ursachen und Auswirkungen

Zusammenfassung

Im Auftrag des Kantons Graubünden

Regierungsrat Claudio Lardi, Vorsteher des Erziehungs-, Kultur- und Umweltdepartementes

Matthias Gehrig, Tobias Fritschi

Bern, 12. Dezember 2008

Zusammenfassung

Ausgangslage

Die Bedeutung von Humankapital für das Produktivitätswachstum, die Wettbewerbsfähigkeit und damit letztlich auch für das Wirtschaftswachstum von modernen Wissensgesellschaften ist in der empirischen und theoretischen Literatur der Makroökonomie unbestritten. Den Ingenieur/-innen kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu, da sie als «Repräsentanten des besonders innovationsrelevanten Humankapitals» (Koppel 2007, 5) technologische Innovationen entwickeln. Technologische Innovationen führen u.a. zu optimierten Produktionsprozessen, die sich in einem Produktivitätswachstum niederschlagen. Produktivitätswachstum jedoch ist die entscheidende Voraussetzung für die Mehrung des nationalökonomischen Wohlstands.

Auf der mikroökonomischen Ebene führt ein Mangel an Ingenieuren/-innen nicht nur zu erhöhten Lohn-, Rekrutierungs- und Ausbildungskosten, was die Wettbewerbsfähigkeit der betroffenen Unternehmen im globalisierten Wettbewerb senken kann. Auch eine zeitliche Verzögerung von Aufträgen und Produktinnovationen, im schlimmsten Fall sogar eine Delokation von Unternehmensteilen ins Ausland können die Folge sein, wenn offene Ingenieurspositionen nicht adäquat besetzt werden können.

Auftrag

Vor diesem Hintergrund sind die sich häufenden Klagen von technologieaffinen Unternehmen und die verschiedenen politischen Vorstösse zum Thema Ingenieurmangel in den Parlamenten auf kantonaler und eidgenössischer Ebene nachvollziehbar. Das Erziehungs-, Kultur- und Umweldepartement des Kantons Graubünden, dem Regierungsrat Claudio Lardi vorsteht, hat sich der Problematik angenommen und das Büro für arbeits- und sozialpolitische Studie BASS beauftragt, zu untersuchen, ob die Ursachen des Ingenieurmangels im Kanton Graubünden möglicherweise im Zusammenhang mit den Lektionentafeln und Lehrplänen der obligatorischen Volksschule stehen.

Methodisches Vorgehen

Der vorliegende Bericht quantifiziert in einem ersten Schritt den Ingenieurmangel anhand bestehender Schweizer Datenquellen in seinen relevanten Dimensionen. In einem zweiten Schritt wird die einschlägige Literatur zum Thema recherchiert – schwerpunktmässig mit Blick

auf mögliche Ursachen des Ingenieurmangels. In einem dritten und letzten Schritt wird mit einer empirischen Analyse, basierend auf bestehenden Datenquellen, untersucht, ob und in welchem Ausmass der Ingenieurmangel im Kanton Graubünden und in der Schweiz mit den Stundentafeln und Lehrplänen der Volksschule zusammenhängt.

Ergebnisse I: Die Ingenieurücke

Die « Ingenieurücke » ist die Differenz zwischen stellensuchenden Ingenieuren/-innen und offenen Ingenieursstellen. Die Ingenieurücke kann deshalb sowohl einen positiven als auch einen negativen Wert annehmen. Ist die Ingenieurücke negativ, herrscht ein Ingenieurmangel. Ist sie hingegen positiv, gibt es auf dem Arbeitsmarkt einen Überschuss an (stellensuchenden) Ingenieuren/-innen. Die Anzahl stellensuchender Ingenieure/-innen kann der Arbeitsmarktstatistik des Staatsekretariats für Wirtschaft (SECO) entnommen werden. Die Anzahl offener Ingenieursstellen ist hingegen unbekannt, da die Datengrundlage zum Ausweis dieser Kennzahl nicht gegeben ist. Jedoch ist die Anzahl der offenen **registrierten** Ingenieursstellen in der Arbeitsmarktstatistik des SECO enthalten. Zwischen der Anzahl der offenen und der Anzahl der registrierten offenen Ingenieursstellen besteht eine Differenz, weil die Unternehmen den regionalen Arbeitsämtern nicht alle offenen Ingenieursstellen melden. Koppel (2007) hat die Meldequote der offenen Ingenieursstellen für Deutschland im Rahmen einer Unternehmensbefragung empirisch ermittelt. Wird angenommen, dass die Meldequote für offene Ingenieursstellen in der Schweiz die gleiche wie in Deutschland ist, resultieren die folgenden Ergebnisse:

■ In der Schweiz gab es erstmals im März 2006 einen Ingenieurmangel im Sinne einer negativen Ingenieurücke. Diese vergrösserte sich seitdem beständig. Im April 2008 betrug die Ingenieurücke **3'000 fehlende Ingenieure/-innen**, was rund einem Absolventenjahrgang entspricht.

■ Im Kanton Graubünden gab es etwas früher, nämlich erstmals im Juli 2005 eine negative Ingenieurücke. Diese betrug im April 2008 **42 fehlende Ingenieure/-innen**.

■ Die 3'000 fehlenden Ingenieure/-innen in der Schweiz und 42 fehlenden Ingenieure/-innen im Kanton Graubünden müssen als konservative Untergrenze interpretiert werden, weil davon ausgegangen werden muss, dass in der Schweiz die Meldequote für offene Ingenieursstellen tiefer ist als diejenige in Deutschland (12.9%). Denn wir konnten zeigen, dass die Meldequote für offene Ingenieursstellen in der Maschinen-, Elektro- und Metall-Industrie (MEM-Industrie) im

Januar 2007 nur gerade 7.1% betrug. Geht man davon aus, dass die Meldequote in der Schweiz nur 7.1% und nicht 12.9% wie in Deutschland beträgt, so betrug die Ingenieurücke in der Schweiz im April 2008 nicht 3'000, sondern **6'000 fehlenden Ingenieure/-innen**.

■ Bezüglich der Ingenieurücke sind die Ingenieure/-innen keine homogene Gruppe. Es fehlen vor allem (und in dieser Reihenfolge) **Elektro-, Maschinen-, Informatik- und Bauingenieure/-innen**.

■ Die **Kantone Aargau, Thurgau, Glarus, Schaffhausen und Graubünden** sind (in dieser Reihenfolge) besonders stark vom Ingenieurmangel betroffen.

Ergebnisse II: Indikatoren des Ingenieurmangels

Die Anzahl Absolvent/-innen von Studiengängen der Ingenieurwissenschaften, die Löhne von Ingenieuren/-innen und die Einwanderung von ausländischen Ingenieuren/-innen können als Indikatoren des Ingenieurmangels bezeichnet werden, weil diese aus arbeitsmarktökonomischen Überlegungen mit dem Ingenieurmangel korreliert sind. Unsere Analyse dieser Indikatoren ergab folgendes:

■ Die **Anzahl Absolventen/-innen von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen pro 1'000 Beschäftigte** ist in der Schweiz im internationalen Vergleich tief. Sie betrug im Jahr 2005 1.1 Ingenieure/-innen pro 1'000 Beschäftigte. In Finnland und Korea beispielsweise gab es 2005 mehr als 4 Ingenieure/-innen pro 1'000 Beschäftigte.

■ Die **Ingenieurersatzrate** zeigt die Anzahl Ingenieure/-innen, die dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen, um eine/-n ältere/-n Ingenieur/-in, der/die in absehbarer Zeit aus dem Erwerbsleben austritt, zu ersetzen. Eine Ingenieurersatzrate von 1 bedeutet, dass gerade genügend junge Ingenieure/-innen aus dem Bildungssystem entlassen werden, um eine/-n aus dem Erwerbsleben ausscheidende/-n Ingenieur/-in zu ersetzen. Die Ingenieurersatzrate betrug im Jahr 2000 1.1 – im internationalen Vergleich ein tiefer Wert (z.B. Schweden: 4.7). Da die Nachfrage nach Ingenieuren/-innen nach wie vor steigt, muss davon ausgegangen werden, dass eine Ingenieurersatzrate von 1.1 nicht ausreicht, um die aus dem Erwerbsleben ausscheidenden Ingenieure/-innen zu ersetzen.

■ Die Anzahl **Eintritte in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge** ist in der Schweiz zwischen 1990 und 2007 um rund 15% gesunken, während die Anzahl für erfolgreich absolvierte ingenieurwissenschaftliche Studiengänge

vergebene **Diplome** stagnierte. Im Kanton Graubünden konnte zwischen 1990 und 2007 eine Stagnation bzw. ein leichtes Wachstum der Eintritte und Diplome verzeichnet werden. Diese Entwicklung in der Schweiz und im Kanton Graubünden ist nicht besonders positiv zu bewerten, weil einerseits die Studierquote während der gleichen Zeit um rund 50% zugenommen hat und andererseits die Nachfrage nach Ingenieuren/-innen aufgrund eines Strukturwandels hin zu einer globalisierten Wissensgesellschaft in dieser Periode substantiell zugenommen haben dürfte.

■ Der **Anteil der Frauen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen** ist in der Schweiz im internationalen Vergleich äusserst tief (16.5 Prozent im 2007). Tiefere Frauenanteile hat nur noch Japan.

■ Zwischen 2006 und 2007 sind die **Löhne der Ingenieure/-innen** in der Schweiz mit 2.6% überdurchschnittlich (Total Arbeitnehmende: 1.6%) gewachsen. Dies ist konsistent mit der Beobachtung, dass sich im Jahr 2006 eine negative Ingenieurücke bemerkbar machte, welche sich bis April 2008 beständig vergrösserte.

■ Die **Einwanderung von ausländischen Ingenieuren/-innen** hat seit dem Jahr 2005 kontinuierlich zugenommen. Besonders ausgeprägt war die Einwanderung von ausländischen Ingenieuren/-innen in den Jahren 2006 und 2007, was mit der Entwicklung der Ingenieurücke konsistent ist.

Ergebnisse III: Ursachen des Ingenieurmangels

Die Literaturrecherche hat ergeben, dass monokausale Erklärungsansätze der Komplexität des Phänomens «Ingenieurmangel» nicht gerecht werden. Der Ingenieurmangel kann auf folgende Gruppen von Einflussfaktoren zurückgeführt werden (die Reihenfolge entspricht dem Einflussgewicht bzw. der Erklärungsstärke der Faktoren):

■ **Interesse.** Die Literatur geht darin einig, dass das Interesse die Bildungsentscheide am Ende der Sekundarstufe I und II am stärksten beeinflusst. Weckung und Stabilisierung des Interesses dürfte am Ende der Sekundarstufe I abgeschlossen sein, so dass eine Beeinflussung des Interesses zwischen der Geburt und dem Ende der Sekundarstufe I zu erfolgen hat. Zwischen 1990 und 2007 ist das technische und naturwissenschaftliche Interesse der Schweizer Schüler/-innen stabil geblieben, was vor dem Hintergrund der um 50% gestiegenen Studierquote und der erhöhten Nachfrage nach Ingenieuren/-innen als negative Entwicklung zu bewerten ist.

■ **Bildungsbiografie.** Nach dem Interesse beeinflusst die Bildungsbiografie den Studienfachentscheid am stärksten. Der Einfluss der Bildungsbiografie auf die Bildungsentscheide konstituiert sich erstens über die in der Vergangenheit erzielten schulischen Leistungen in Mathematik und Naturwissenschaften, zweitens über das Selbstkonzept (Glaube an die eigenen Fähigkeiten) in Mathematik, Naturwissenschaften sowie Technik und drittens über eine fachliche Koppelung zwischen dem Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe I und dem Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II. Diese fachliche Koppelung führt z.B. dazu, dass die Absolvierung eines Maturitätsstudiengangs mit einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Orientierung die Wahrscheinlichkeit von Gymnasiastinnen, ein ingenieurwissenschaftliches Studium an einer universitären Hochschule aufzunehmen, um den Faktor 12, von Gymnasiasten um den Faktor 7 erhöht.

■ **Erwartungen hinsichtlich des Studiums und des Arbeitsmarkts.** Auch die Erwartungen hinsichtlich des Studiums und des Arbeitsmarkts beeinflussen den Studienfachentscheid. Diese Erwartungen wirken sich auf die Ingenieurwissenschaften negativ aus, weil hohe (insbesondere hohe mathematische) Anforderungen von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen antizipiert werden. Darüber hinaus werden vor dem Hintergrund der hohen Anforderungen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums die Karrierechancen von Ingenieuren/-innen insbesondere im Vergleich zu den Karrierechancen von Absolventen/-innen der Betriebswirtschaftslehre, der Rechtswissenschaften und der Medizin negativ beurteilt.

■ **Gesellschaftlicher Kontext:** Die Veränderung des gesellschaftlichen Kontextes beeinflusst die Präferenz für technische Studiengänge negativ. Faktoren sind: stärkere Konkurrenz durch erhöhtes Ausbildungsangebot, negative Nebeneffekte von Technologie, veränderte Werteorientierung (verminderter Materialismus), veränderte soziale und geschlechtsspezifische Struktur der Studierenden infolge Erhöhung der Studierquote und mediengesteuertes negatives Image von Ingenieuren/-innen.

■ **Familiäres und soziales Umfeld.** Auch die Veränderung des familiären und sozialen Umfelds wirkt sich negativ auf die Präferenz für technische Studiengänge aus. Faktoren sind: verminderte Techniksozialisation in der «vaterlosen Gesellschaft», stereotype (z.B. geschlechtsspezifische Erwartungen) und fehlende Rollenbilder.

■ **Nachfrage nach Ingenieuren/-innen.** Im Rahmen des Strukturwandels hin zu einer wissensbasierten Gesellschaft, die zunehmend in

einer globalisierten wettbewerbsorientierten Marktwirtschaft agiert, ist die Nachfrage nach technischem Humankapital in den letzten 20 Jahren markant gestiegen. Ökonomen/-innen sprechen im Zusammenhang dieses Strukturwandels von «skill-biased technological change».

Ergebnisse IV: Strukturelle Analyse des Bildungssystems

Eine strukturelle Analyse des Bildungssystems bzw. des Bildungsweges von der Einschulung bis zum Austritt aus dem Bildungssystem hat zu folgenden Erkenntnissen geführt:

■ **Festgelegte Interessen am Ende der Sekundarstufe I.** Die Interessen stehen am Ende der Sekundarstufe I hochgradig fest. Deshalb ist eine Beeinflussung der Präferenzen über Berufswahl und Studienfelder auf nachgelagerten Ausbildungsebenen wenig erfolgsversprechend.

■ **Stagnation des Interesses für Technik seit 1990.** Das Interesse für Technik am Ende der Sekundarstufe I ist seit 1990 stabil geblieben. Diese Entwicklung ist aufgrund der erhöhten Nachfrage nach technischem Humankapital als negativ zu bewerten.

■ **Präjudiz des 1. Bildungsentscheids am Ende der Sekundarstufe I für den 2. Bildungsentscheid am Ende der Sekundarstufe II.** Die Bildungsentscheide am Ende der Sekundarstufe I und am Ende der Sekundarstufe II sind stark gekoppelt. Wer sich nicht bereits für einen mathematischen, technischen oder naturwissenschaftlichen Ausbildungsweg auf der Sekundarstufe II entschieden hat, hat eine sehr tiefe Wahrscheinlichkeit, auf der Tertiärstufe ein Studium der Ingenieurwissenschaften aufzunehmen.

■ **Potentialverluste im Übergang von der Sekundarstufe II zum Tertiärbereich im Bildungsweg «Berufslehre – Berufsmaturität – Fachhochschule».** Aufgrund von negativen Erfahrungen während technischer Ausbildungslehrgänge auf der Sekundarstufe II und/oder aufgrund einer höheren Attraktivität von konkurrierenden Studiengängen verzichten technisch Interessierte auf eine weiterführende Ausbildung auf der Tertiärstufe oder nehmen ein nicht-technisches Studium in Angriff.

■ **Ungenutztes technisches Potential an den Gymnasien.** Es kann davon ausgegangen werden, dass am Ende der Sekundarstufe I rund 40% der Schüler/-innen technisch interessiert sind. Dieses Potential wird im Übergang zur Sekundarstufe II in den Gymnasien nicht vollständig genutzt, so dass nur 25% der Gymnasiasten/-innen einen gymnasialen Lehrgang mit

einer mathematischen, naturwissenschaftlichen und/oder technischen Ausrichtung verfolgen.

Ergebnisse V: Zusammenhang zwischen Ingenieurmangel und Volksschule

Im Rahmen einer bivariaten Korrelationsanalyse haben wir untersucht, ob der Ingenieurmangel bzw. die Eintritte in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge mit Stundentafeln bzw. Lehrplänen in der Volksschule zusammenhängen. Die Analyse wurde einerseits basierend auf internationalen, andererseits basierend auf kantonalen Daten vorgenommen. Es ergaben sich folgende Resultate:

■ Basierend auf den internationalen Daten konnte kein Zusammenhang zwischen Eintritten in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge und der Volksschule nachgewiesen werden.

■ Die Analyse der kantonalen Daten hat ergeben, dass die Eintritte in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge mit den Mathematikleistungen am Ende der Sekundarstufe I und mit der Anzahl Mathematikstunden während der Sekundarstufe I hoch positiv korreliert sind: bessere Mathematikleistungen und mehr Mathematikunterricht an der obligatorischen Schule gehen mit einem höheren Anteil ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge an den Hochschuleintritten einher. Grundsätzlich können aus Korrelationskoeffizienten keine Wirkungszusammenhänge abgeleitet werden. Die Hypothese, wonach der Ingenieurmangel im Kanton Graubünden und in der Schweiz allenfalls mit den Stundentafeln und Lehrplänen in der obligatorischen Volksschule zusammenhängt, scheint sich jedoch zu bestätigen.

Empfehlungen

Aus den Erkenntnissen, die im Rahmen der Studie gewonnen werden konnten, lassen sich die folgende bildungspolitische Empfehlungen formulieren:

■ Für eine nachhaltige Erhöhung der Anzahl Absolvent/-innen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge ist eine Erhöhung des Interesses für Technik unabdingbar. Massnahmen zur Interessenbeeinflussung haben dabei vorzugsweise zwischen der Geburt und dem Ende der Sekundarstufe I anzusetzen.

■ Die geschlechtsspezifische Techniksozialisation muss mit geeigneten Massnahmen durchbrochen werden, damit der Anteil der Frauen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen substantiell erhöht werden kann.

■ In der obligatorischen Schule sollte mehr Mathematikunterricht und mehr naturwissenschaftlicher Unterricht mit technischer Ausrichtung

angeboten werden. Dabei sollte Wert auf die Weckung und Stabilisierung des technischen Interesses im Rahmen eines verstärkt experimentellen, wirklichkeitsorientierten und emotional erfahrbaren Unterrichts gelegt werden.

■ Für Studenten/-innen mit einer Bildungsbiografie ausserhalb des technisch-mathematischen Bereichs sollte eine Durchlässigkeit in die technischen Studiengänge auf der Tertiärstufe geschaffen werden («zweite Chance»). Diese Durchlässigkeit sollte aktiv gefördert und strukturell-formelle und informelle Übertrittsschranken abgebaut werden.

■ Es sind Massnahmen zu prüfen, welche dazu führen, dass Arbeitsmarktüberlegungen die Bildungsentscheide von Schüler/-innen, die sich für den Bildungsweg «Gymnasium - Hochschule» entschieden haben, stärker beeinflussen.

■ Die Einführung eines zusätzlichen Maturitätslehrgangs mit einem technischem Schwerpunkt ist zu prüfen.

■ Die Ursachen für den Verlust von technisch interessierten Personen im Übergang von der Sekundarstufe II in die Tertiärstufe müssen in einem ersten Schritt identifiziert werden. In einem zweiten Schritt sind die entsprechenden Gegenmassnahmen auszuarbeiten und dann zu implementieren.