

Oliver Falck, Guido Schwerdt, Anja Herrmann, Maximiliane Hörl

Ist die Ausbildung von Spitzenmathematikern wichtig für wirtschaftliches Wachstum?

Die Qualität der Bildung und nicht die Zahl an Bildungsjahren ist entscheidend für das Wirtschaftswachstum eines Landes. Studien deuten außerdem darauf hin, dass es vor allem die naturwissenschaftlichen Fächer und mathematischen Spitzenleistungen sind, die entscheidend zur wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes beitragen. Dieser Beitrag liefert empirische Evidenz dafür, dass die Fähigkeit eines Landes, Spitzenleistung in Mathematik hervorzubringen, einen positiven Effekt auf sein Wirtschaftswachstum hat. Diese Erkenntnis steht einem seit Jahren beklagten Fachkräftemangel insbesondere in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) gegenüber. Dieser wird sich jedoch nur beheben lassen, wenn der individuelle Ertrag einer Ausbildung in diesen Fächern steigt.

Das Wirtschaftswachstum und der Wohlstand eines Landes werden durch verschiedenste Faktoren beeinflusst. Gerade in der heutigen Wissensgesellschaft kommt Bildung eine besondere Rolle für das Wirtschaftswachstum zu. Unter Bildung werden allgemein die Fähigkeiten von Individuen, also ihr akkumuliertes Humankapital verstanden. Als Maß für dieses Humankapital wird in Analysen, die die Unterschiede zwischen Ländern in Hinblick auf das Wirtschaftswachstum zu erklären versuchen, häufig die Zahl der Bildungsjahre verwendet. Hanushek und Wößmann¹ zeigen allerdings, dass es vielmehr auf die Qualität von Bildung als auf die Quantität ankommt. Statt also den Fokus darauf zu setzen, wie lange eine Person die Schule besucht hat, sollte die Aufmerksamkeit darauf gerichtet werden, wie viel tatsächlich in dieser Zeit gelernt wurde. Zwar besteht ein Vorteil der Schuljahre als quantitatives Maß darin, dass Daten für viele Länder relativ leicht verfügbar sind.² Die Verwendung der Bildungsjahre unterstellt aber, dass ein Jahr Schulbildung in Ghana oder Peru das Humankapital eines Individuums in demselben Umfang erhöht wie ein Schuljahr in Finnland oder Korea.

Wie kann Bildungsqualität gemessen werden?

Hanushek und Wößmann³ verwenden als Maß für Bildungsqualität die kognitiven Fähigkeiten von Individuen.

Diese kognitiven Fähigkeiten messen sie anhand der durchschnittlichen Schülerleistungen eines Landes in verschiedenen internationalen, standardisierten Tests. Die ersten solcher länderübergreifender Tests wurden bereits in den 1960er Jahren durchgeführt. Aktuelle Beispiele sind der Test „Trends in International Mathematics and Science Study“ (TIMSS) und die PISA-Studie („Programme for International Student Assessment“). Aus den verschiedenen Testergebnissen konstruieren die Autoren einen Gesamtindikator für die Bildungsqualität in einem Land. In einer Wachstumsanalyse, die die Unterschiede im Wirtschaftswachstum zwischen Ländern zu erklären versucht, zeigt sich, dass die Bildungsqualität einen hohen Erklärungsgehalt hat – Bildungsjahre verlieren jedoch ihre Erklärungskraft, wenn gleichzeitig die Bildungsqualität berücksichtigt wird.

Gibt es darüber hinaus bestimmte Fähigkeiten, die einen besonders positiven Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes haben? Murphy et al.⁴ untersuchen für den Zeitraum 1970 bis 1985, welchen Effekt der Anteil an Jurastudenten im Vergleich zu dem Anteil der Studenten in Ingenieurwissenschaften auf das Wirtschaftswachstum hat. Ihre Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass eine Erhöhung des Anteils an Jurastudenten einen negativen Einfluss auf das Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP) pro Kopf hat, wohingegen ein höherer Anteil an Ingenieuren das Wirtschaftswachs-

1 E. A. Hanushek, L. Wößmann: The Role of Cognitive Skills in Economic Development, in: Journal of Economic Literature, 46. Jg. (2008), H. 3, S. 607-668.

2 R. Barro, J.-W. Lee: A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010, NBER Working Paper, Nr. 15902, 2010; R. Barro, J.-W. Lee: Barro-Lee Educational Attainment Dataset, 2013, <http://www.barrolee.com/>.

3 E. A. Hanushek, L. Wößmann: The Role of Cognitive Skills ..., a.a.O.

4 K. M. Murphy, A. Shleifer, R. W. Vishny: The allocation of talent: Implications for growth, in: The Quarterly Journal of Economics, 106. Jg. (1991), H. 2, S. 503-530.

Prof. Dr. Oliver Falck lehrt Volkswirtschaftslehre, insbesondere Empirische Innovationsökonomik, an der Ludwig-Maximilians-Universität München und ist stellvertretender Leiter des Zentrums für Bildungs- und Innovationsökonomik am ifo Institut in München.

Prof. Dr. Guido Schwerdt lehrt Volkswirtschaftslehre, insbesondere Angewandte Mikroökonomik, an der Universität Siegen.

Anja Herrmann, B.Sc. in Economics, ist am ifo Zentrum für Bildungs- und Innovationsökonomik beschäftigt.

Maximiliane Hörl ist Doktorandin im internationalen Doktorandenkolleg „Evidence-Based Economics“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

tum signifikant erhöht. Auch Hanushek und Wößmann⁵ analysieren die Wachstumsbeiträge verschiedener Kompetenzen. Ihre Analyse für die Jahre 1960 bis 2000 zeigt, dass mathematische und naturwissenschaftliche Fähigkeiten einen signifikanten positiven Einfluss auf die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des BIP pro Kopf haben, wobei bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Lesekompetenzen letztere keinen Effekt auf die wirtschaftliche Entwicklung aufweisen. Des Weiteren stellt sich die aus Politikperspektive besonders relevante Frage, ob eine gute durchschnittliche Ausbildung für die gesamte Bevölkerung oder vielmehr die Herausbildung von Spitzentalenten relevant für Wirtschaftswachstum ist. Hanushek und Wößmann⁶ kommen zu dem Ergebnis, dass sich beide Faktoren positiv auswirken.

Die Internationale Mathematik-Olympiade

Eine Möglichkeit, Spitzenleistung in einem speziellen Fach zu erfassen und ihren Einfluss auf wirtschaftliches Wachstum zu untersuchen, bietet die Internationale Ma-

thematik-Olympiade (IMO).⁷ Die IMO ist ein Mathematik-Wettbewerb, der jedes Jahr in einem anderen Land abgehalten wird und an dem im Jahr 2013 97 Länder teilnahmen.

Um die durchschnittliche Leistung eines Landes für unsere Untersuchung zu ermitteln, werden zunächst die gesamten Punkte eines Länderteams in jedem Jahr durch die jeweilige Anzahl an Teammitgliedern geteilt. Die so erhaltenen Durchschnittsleistungen eines jeden Teams in jedem einzelnen Jahr werden anschließend standardisiert, sodass sie einen Mittelwert von Null und eine Standardabweichung von Eins erreichen. Das Maß für die relative Leistung eines Landes über die Zeit hinweg ist der Durchschnitt dieser standardisierten jährlichen Punktzahlen und wird als Indikator für das Vorhandensein exzellenter Mathematiktalente in dem jeweiligen Land betrachtet. Berücksichtigt werden IMOs der Jahre 1984 bis 2010, da sich vor 1984 Regelungen der IMO bezüglich Teamgröße, Anzahl der Aufgabenstellungen und maximal erreichbarer Punktzahl geändert haben und somit keine Vergleichbarkeit besteht. Unberücksichtigt bleiben Länder, die aktuell nicht mehr existieren (wie beispielsweise die DDR) oder die weniger als sieben Mal teilgenommen haben, sodass IMO-Länderwerte für 90 Länder berechnet werden. Abbildung 1 zeigt die IMO-Leistungen der 25 besten Länder von 1984 bis 2010. An der Spitze steht China, gefolgt von Russland und den USA. Deutschland liegt an elfter Stelle.

Ein Vergleich des IMO-Indikators mit den durchschnittlichen Länderergebnissen im TIMSS-Test und in der PISA-Studie – jeweils im Bereich Mathematik – zeigt, dass die durchschnittlichen TIMSS-Leistungen signifikant positiv mit dem IMO-Indikator korreliert sind, obwohl sie, im Gegensatz zum IMO-Indikator, eine breite Basis an Schülern erfassen und nicht nur besonders hochbegabte Individuen. Eine noch stärkere Korrelation ergibt sich, wenn das 95%-Perzentil⁸ der TIMSS-Punkte verwendet wird, also nur die Spitzenleistungen wie es bei der IMO der Fall ist. Auch der Vergleich mit den PISA-Ergebnissen im Bereich Mathematik ergibt eine positive Korrelation, wenn diese auch schwächer ausfällt als bei einem Vergleich mit den TIMSS-Ergebnissen. Der IMO-Indikator kann auch mit einem anderen, speziell für Spitzentalente ausgelegten Wettbewerb verglichen werden, der Internationalen Physik-Olympiade (IPhO). Die in der IPhO gewonnenen Gold-, Silber- und Bronzemedailles eines Landes bekommen eine Gewichtung im Verhältnis 1,5:1:0,5. Der so konstruierte Index, der die durchschnittlichen Leistungen eines

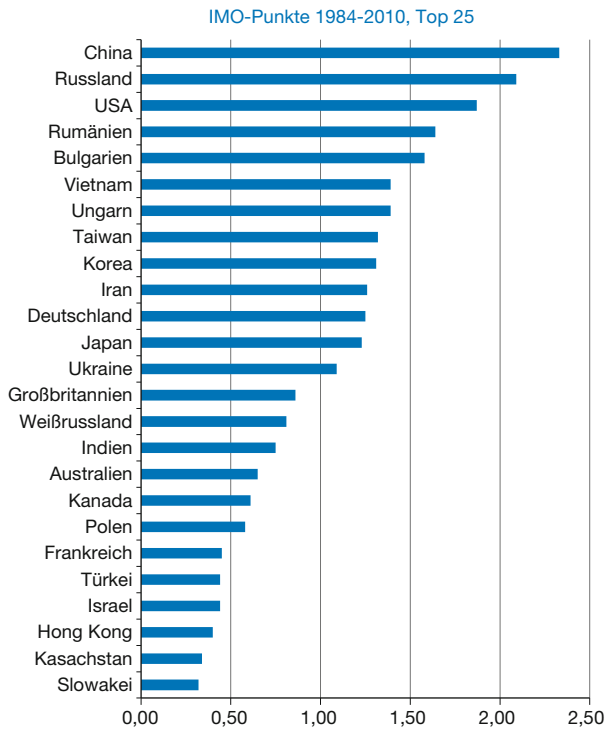
5 E. A. Hanushek, L. Wößmann: Do Better Schools Lead to More Growth? Cognitive Skills, Economic Outcomes, and Causation, in: Journal of Economic Growth, 17. Jg. (2012), H. 4, S. 267-321.

6 E. A. Hanushek, L. Wößmann: The Role of Cognitive Skills ..., a.a.O.; E. A. Hanushek, L. Wößmann: Do Better Schools Lead to More Growth? ..., a.a.O.

7 International Mathematical Olympiad (IMO): Offizielle Website der Internationalen Mathematik-Olympiade, <http://www.imo-official.org/>.

8 Das 95%-Perzentil ist der Leistungswert in einem Land, über dem die besten 5% der Schüler liegen.

Abbildung 1
Internationale Mathematik-Olympiade (IMO)



Dargestellt sind die durchschnittlichen relativen Leistungen der 25 besten Länder in der IMO im Zeitraum von 1984 bis 2010. Die IMO-Punktzahlen sind die durchschnittlichen, jährlichen Punkte eines Landes. Die jährlichen IMO-Punkte wurden standardisiert, mit dem Mittelwert Null und der Standardabweichung Eins.

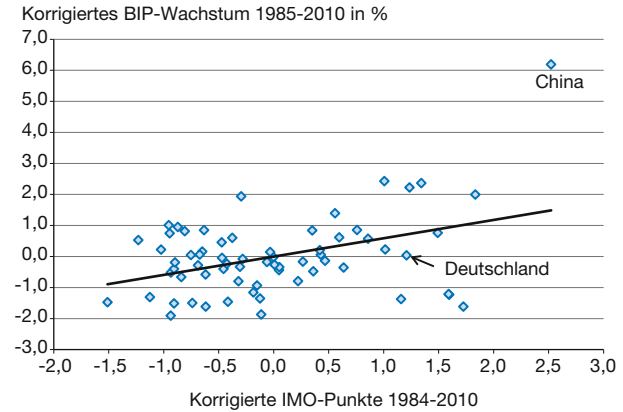
Quelle: Darstellung des ifo Instituts auf Basis der Daten der IMO-Website.

Landes in der IPHO abbildet, ist mit dem IMO-Indikator sehr viel stärker positiv korreliert, als die TIMSS- und PISA-Maße. Der IMO-Indikator weist schließlich keine Korrelation mit der durchschnittlichen Zahl an Schuljahren auf. Zusammengefasst legen diese Ergebnisse nahe, dass der IMO-Indikator in der Tat Spitzenleistung in mathematischen Fächern misst und nicht nur ein genereller Indikator für Bildungsqualität oder -quantität ist.

IMO-Leistungen und Wirtschaftswachstum

Abbildung 2 zeigt den positiven Zusammenhang der IMO-Leistungen mit dem durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstums eines Landes. Dabei werden die Unterschiede zwischen Ländern hinsichtlich des jeweiligen BIP pro Kopf zu Beginn des Betrachtungszeitraums, der durchschnittlichen Zahl an Schuljahren, der Mitgliedschaft in der OECD und dem Anteil der Exporte und Importe am BIP pro Kopf als Maß für die Offenheit eines Landes herausgerechnet. Studien zeigen, dass diese Faktoren wichtige Bestimmungsgrößen für das volks-

Abbildung 2
IMO-Punkte und Wirtschaftswachstum



Added-Variable Plot. Dargestellt ist der positive Zusammenhang der durchschnittlichen jährlichen IMO-Leistungen von 1984 bis 2010 mit dem durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum eines Landes von 1985 bis 2010. Herausgerechnet wurden Unterschiede zwischen Ländern hinsichtlich des jeweiligen BIP pro Kopf zu Beginn des Betrachtungszeitraums, der durchschnittlichen Zahl der Schuljahre, der Mitgliedschaft in der OECD und dem Anteil der Exporte und Importe am BIP pro Kopf zu Beginn des Betrachtungszeitraums als Maß für die Offenheit eines Landes. Die Daten zur durchschnittlichen Zahl an Schuljahren stammen von R. Barro, J.-W. Lee: A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010, NBER Working Paper, Nr. 15902, 2010. Korrigiertes BIP-Wachstum und korrigierte IMO-Punkte haben einen Erwartungswert von Null.

Quelle: Darstellung des ifo Instituts auf Basis eigener Berechnungen.

wirtschaftliche Wachstum eines Landes sind. Gleichzeitig können diese Faktoren aber auch die Schulqualität in einem Land beeinflussen, weil etwa wohlhabende Länder mehr Ressourcen in das Schulsystem fließen lassen können. Durch das Herausrechnen dieser Faktoren lässt sich der „reine“ Effekt des Abschneidens eines Landes in der IMO auf das Wirtschaftswachstum graphisch darstellen. China ist mit einem überdurchschnittlich hohen jährlichen Wirtschaftswachstum ein deutlicher Ausreißer, dessen Leistung in der IMO ebenfalls klar über dem Durchschnitt liegt. Der positive und signifikante Zusammenhang zwischen IMO-Punkten und Wirtschaftswachstum bleibt aber auch bestehen, wenn China aus der Analyse ausgeschlossen wird.

In einem nächsten Schritt wird eine einfache lineare multivariate Regression mit dem durchschnittlichen, jährlichen Wachstum des BIP pro Kopf als abhängige Variable geschätzt. Neben den bereits oben genannten Kontrollvariablen wird die Interaktion des OECD-Indikators mit den IMO-Leistungen berücksichtigt, um Unterschiede in der Stärke des Zusammenhangs zwischen OECD- und Nicht-OECD-Ländern abbilden zu können.

Tabelle 1
Schätzergebnis

	(1)	(2)	(3)	(4)
IMO-Punktzahl	0,757***	0,856***	1,011***	0,428***
Schuljahre	0,009	0,253**	0,196**	0,005
Kognitive Fähigkeiten				1,386***
Zahl Länder	66	76	56	46
R ²	0,295	0,474	0,596	0,806

*** p < 0,01, ** p < 0,05.

OLS-Regression der durchschnittlichen Jahreswachstumsrate des BIP pro Kopf auf die IMO-Leistungen und Kontrollvariablen, für verschiedene Zeiträume. Alle Regressionen beinhalten eine Konstante. IMO-Punktzahlen sind die durchschnittlichen, jährlichen Punkte eines Landes in der Internationalen Mathematik-Olympiade (IMO). Die jährlichen IMO-Punkte eines Landes wurden standardisiert, mit Mittelwert Null und Standardabweichung Eins. Für die Regression verwendete IMO-Punktzahl: 1984-2010 (1), 1990-1999 (2) und 1984-2010 (3), (4). Schuljahre beschreiben den Durchschnitt für 1985-2010 (1), 1990-2010 (2) und 1960-2010 (3), (4). Weitere Kontrollvariablen sind das BIP pro Kopf zu Beginn des Betrachtungszeitraums, der Anteil an Exporten und Importen am realen BIP pro Kopf (in %) zu Beginn des Betrachtungszeitraums, eine Indikatorvariable für die Mitgliedschaft in der OECD und ein Interaktionsterm der OECD-Mitgliedschaft mit den IMO-Punkten.

Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

Die Ergebnisse für verschiedene Zeiträume sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Leistung eines Landes in der IMO hat einen signifikanten positiven Einfluss auf dessen jährliches Wirtschaftswachstum. Für den Zeitraum 1985 bis 2010 zeigt sich, dass eine Erhöhung der IMO-Leistung um eine Standardabweichung zu einem um 0,76 Prozentpunkte höheren jährlichen Wirtschaftswachstum führt. Eine Standardabweichung entspricht hierbei in etwa dem Abstand, den Deutschland zu China hat. Der signifikante positive Einfluss von IMO-Punkten auf das Wirtschaftswachstum ist unabhängig von der Länge des Zeitraums.

Besonders hervorzuheben ist, dass der IMO-Indikator nicht nur unter Berücksichtigung der oben erwähnten Kontrollvariablen wie Schuljahre einen signifikanten Einfluss hat, sondern auch bei Hinzunahme des Maßes für kognitive Fähigkeiten von Hanushek und Wößmann⁹ immer noch signifikant zur Erklärungskraft des Modells beiträgt. Die Analyse ergibt weiterhin (Ergebnis nicht in Tabelle dargestellt), dass das Vorhandensein von Mathematikgenies einen sehr viel größeren positiven Effekt auf das Wirtschaftswachstum in Ländern hat, die nicht Mitglied der OECD sind. Für Entwicklungsländer birgt demzufolge die Investition in Bildungsqualität ein ganz besonderes Potential. Interessant ist auch, dass für den längeren Zeitraum 1960 bis 2010 unter Berücksichtigung der zwei Maße für kognitive Fähigkeiten die Zahl der Schuljahre

9 E. A. Hanushek, L. Wößmann: The Role of Cognitive Skills ..., a.a.O.

unbedeutend für die wirtschaftliche Entwicklung ist. Auf lange Frist kommt es demnach entscheidend auf die Qualität der Bildung an.

Von großer Bedeutung ist die Frage, ob der Zusammenhang zwischen Bildungsqualität und Wirtschaftswachstum tatsächlich als kausaler Effekt interpretiert werden kann. Mit multivariaten Regressionen kann zwar vergleichsweise einfach überprüft werden, ob zwischen dem Wirtschaftswachstum und der Bildungsqualität eines Landes ein statistischer Zusammenhang besteht. Es ist jedoch meist schwierig zu beurteilen, ob dieser statistische Zusammenhang nur eine Korrelation darstellt oder auf einem kausalen Effekt der Bildungsqualität auf das Wirtschaftswachstum beruht. Der Grund hierfür liegt darin, dass der beobachtete statische Zusammenhang auch andere Ursachen haben kann. Der Fall umgekehrter Kausalität läge vor, wenn schneller wachsende Länder ganz einfach bessere Möglichkeiten haben, in die Förderung von Humankapital zu investieren. Ebenso wäre es möglich, dass verschiedene für den Forscher unbeobachtbare institutionelle Faktoren sowohl die Bildungsqualität als auch das Wirtschaftswachstum beeinflussen. Hanushek und Wößmann¹⁰ finden in mehreren Modifizierungen ihrer Untersuchungen jedoch starke Anzeichen dafür, dass kognitive Fähigkeiten tatsächlich einen kausalen Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung haben. Somit sind wir vorsichtig zuversichtlich, dass auch wir den gefundenen Zusammenhang zwischen Spitzenleistung in Mathematik und Wirtschaftswachstum kausal interpretieren können. Damit können Politikmaßnahmen, die auf eine Erhöhung der Bildungsqualität abzielen, durchaus eine Wirkung entfalten.

Sozialer versus individueller Ertrag von Bildung

Die Ergebnisse zum Einfluss der IMO-Leistungen stehen in Einklang mit den anfangs erwähnten Arbeiten von Murphy et al.¹¹ sowie Hanushek und Wößmann¹² und lassen gemeinsam darauf schließen, dass insbesondere Absolventen in MINT-Fächern die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes positiv beeinflussen. Der in den letzten Jahren immer stärker beklagte Fachkräftemangel besteht jedoch vor allem bei diesen Fächern. Wenn also der soziale Ertrag aus einer qualitativ hochwertigen Ausbildung in diesen Fächern so hoch ist, warum besteht dennoch ein Mangel an Fachkräften in diesen Bereichen?

10 E. A. Hanushek, L. Wößmann: Do Better Schools Lead to More Growth? ..., a.a.O.

11 K. M. Murphy et al., a.a.O.

12 E. A. Hanushek, L. Wößmann: Do Better Schools Lead to More Growth? ..., a.a.O.

Bei der Wahl des Studienfachs wägt ein Individuum gemäß der Humankapitaltheorie¹³ den Ertrag des Studienfaches gegen die Kosten der Investition in Bildung ab. Als Ertrag wird hier der zusätzliche Lohn verstanden, der durch die Investition in Bildung – im Vergleich zu dem sofortigen Arbeitsbeginn ohne Weiterbildung – erreicht werden kann. Diesem Ertrag stehen Kosten wie Studiengebühren, Lehrbücher und entgangenes Gehalt gegenüber, da der Eintritt in das Berufsleben in einem höheren Alter erfolgt. Wichtig festzuhalten ist hierbei, dass nicht der soziale Ertrag der Ausbildung, also der gesamtgesellschaftliche Nutzen, bei der Entscheidung berücksichtigt wird, sondern der individuelle Ertrag. Diese beiden Größen stimmen nicht miteinander überein. Wissen kann weitergegeben werden, Erfindungen bauen auf dem bestehenden Wissensstock („Standing on Shoulders of Giants“) auf. Der gesamtgesellschaftliche Ertrag einer Investition in Bildung ist höher als der individuelle Ertrag. Dies ist grundsätzlich die Rechtfertigung für eine staatliche Ko-Finanzierung von Bildung.

Ammermüller und Weber¹⁴ analysieren individuelle Bildungsrenditen für verschiedene Studienfächer. Sie betrachten den Einfluss von Fächern wie Jura, BWL/VWL, Mathematik und Ingenieurwissenschaften auf den späteren Bruttostundenlohn. Ihre Analyse zeigt, dass die Studienfächer Jura und BWL/VWL eine höhere Bildungsrendite erbringen als Mathematik- und Ingenieursstudiengänge. Es bestehen offensichtlich wenig individuelle Anreize zur Aufnahme eines Ingenieursstudiums im Vergleich zu Jura oder BWL. Auch Anger et al.¹⁵ haben in einer Studie untersucht, ob sich die Investition in Bildung

für bestimmte Fächer mehr lohnt als für andere. Sie untersuchen die individuellen Bildungsrenditen verschiedener Berufsgruppen. Auch hier stellt sich heraus, dass Jura- und BWL-/VWL-Absolventen einen deutlich höheren Ertrag auf ihre Bildung erhalten, als MINT-Akademiker. Zwar haben MINT-Akademiker allgemein eine hohe Lohnprämie, die noch dazu seit dem Jahr 1998 kontinuierlich gestiegen ist – im Vergleich zu den Berufsgruppen Jura und Wirtschaftswissenschaften ist sie jedoch geringer. Interessanterweise sind es aber genau die MINT-Fächer, in denen eine qualitativ gute Ausbildung zu höherem Wirtschaftswachstum führt, wohingegen – überspitzt formuliert – ein höherer Anteil an Jura-Absolventen der wirtschaftlichen Entwicklung eher schadet.¹⁶

Der Staat beteiligt sich bereits überproportional an der Finanzierung von MINT-Studienfächern, da ein Studienplatz in den MINT-Fächern vergleichsweise teurer ist als in Jura oder BWL/VWL,¹⁷ gleichzeitig aber die ohnehin inzwischen wieder abgeschafften Studiengebühren nicht zwischen Studienfächern unterschieden haben. Die Überwindung des beschworenen Fachkräftemangels ist daher auch eine „Frage des Preises“. Der individuelle Ertrag einer Ausbildung in den MINT-Fächern muss weiter ansteigen, um den Anteil an Studierenden in diesen Studienfächern zu erhöhen. Nur so kann die technologische Wettbewerbsfähigkeit und die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft aufrechterhalten und Wachstumsperspektiven erhöht werden. Insbesondere für Deutschland sind hochqualifizierte Naturwissenschaftler wichtig, da die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands viel stärker durch wissensintensive Produkte und Dienstleistungen als durch Rohstoffvorkommen gewahrt werden kann.

13 Vgl. T. W. Schultz: The economic value of education, New York 1963; G. S. Becker: Human Capital. A theoretical and empirical analysis, with special reference to education, New York 1975.

14 A. Ammermüller, A. M. Weber: Educational Attainment and Returns to Education in Germany. An Analysis by Subject of Degree, Gender and Region, ZEW Discussion Paper, Nr. 05-17, Mannheim 2005.

15 C. Anger, A. Plünnecke, J. Schmidt: Bildungsrenditen in Deutschland – Einflussfaktoren, politische Optionen und volkswirtschaftliche Effekte, IW Köln 2010.

16 Vgl. K. M. Murphy et al., a.a.O.

17 Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF): Bildung in Deutschland 2012, 4. Bildungsbericht, 2012, <http://www.bildungsbericht.de/>.

Title: *Does High Math Achievement Lead to Economic Growth?*

Abstract: *We shed new light on the relative importance that schools' ability to produce high achievers in math has for economic growth. Drawing on data from the International Mathematical Olympiad (IMO), the world championship in mathematics for high school students, we construct a measure for a country's ability to produce high achievers in math. Results from cross-country growth regressions reveal a strong and significant relationship between economic growth and IMO performance that remains even if differences in average cognitive skills among countries are taken into account.*

JEL Classification: I20, J00, O40