



# MINT- FÖRDERUNG

DER SCHLÜSSEL ZU  
INNOVATION UND WACHSTUM.

# MINT-Herbstreport 2024: Kernbefunde

---

## MINT ist weltweit Enabler für Innovation und Wachstum

Studien zeigen, dass Länder und Regionen mit einem hohen Anteil der MINT-Beschäftigten an allen Beschäftigten langfristig deutlich innovativer und wirtschaftlich erfolgreicher sind als andere Regionen.

## MINT und Innovation: die treibenden Kräfte der deutschen Wirtschaft

Branchen mit einem hohen Anteil an Erwerbstätigen mit einer MINT-Qualifikation weisen in Deutschland hohe Innovationsausgaben auf. Dies gilt besonders für die M+E-Industrie, in deren Branchen 55 bis 68 Prozent der erwerbstätigen Personen eine MINT-Qualifikation haben. Im Jahr 2022 investierte die M+E-Industrie rund 110 Milliarden Euro in Innovationen, das sind rund 58 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Innovationsaufwendungen Deutschlands.

## Wettbewerbsfähigkeit: Deutschland gerät im internationalen Vergleich ins Hintertreffen

Deutschland verliert im globalen Innovationswettbewerb an Boden und ist im Innovationsranking des BDI von Platz 10 auf 12 zurückgefallen. Eine aktuelle Studie von IW, Boston Consulting Group und BDI zeigt, dass hohe und steigende Kosten für Energie, Löhne, Steuern und Bürokratie die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie belasten. Insgesamt ist ein hoher Anteil der bestehenden industriellen Wertschöpfung in Deutschland gefährdet. Noch sind Stärken bei Forschung, Patenten und MINT-Bildung vorhanden. Neue Chancen bestehen zudem bei Technologien für den Klimaschutz.

## Innovationsindikatoren im Rückblick: Deutschland verliert seinen Vorsprung

Deutschland hat trotz einer Erhöhung der FuE-Ausgaben auf 3,1 Prozent des BIP des Jahres 2022 im Innovationswettbewerb mit anderen Volkswirtschaften verloren. Das liegt daran, dass andere Länder ihre Forschungsintensität noch stärker steigern konnten. Zudem ist der Anteil Deutschlands an den internationalen Patentanmeldungen seit 2000 rückläufig, während China insbesondere im Bereich elektrifizierter Antriebe große Fortschritte gemacht hat.

## MINT-Fachkräftemangel als größtes Innovationshemmnis

In der ZEW-Innovationserhebung 2020 bis 2022 berichtete ein hoher Anteil der befragten Unternehmen von Hemmnissen bei Innovationsvorhaben, die oft zu Verzögerungen, Abbrüchen oder dem Verzicht auf bestimmte Projekte führten. Das am häufigsten genannte Innovationshindernis war der Fachkräftemangel. In den letzten Jahren war der MINT-Fachkräftemangel in Deutschland besonders hoch. Er ist auch aktuell – bereinigt um konjunkturelle Effekte – weiterhin auf einem hohen Niveau.

## MINT-Herbstreport 2024: Kernbefunde

---

### Innovationsausblick: Demografie und rückläufige Bildungsleistungen belasten Deutschlands Position im Innovationswettbewerb

Deutschlands Innovationskraft droht in den kommenden Jahren durch einen Mangel an MINT-Fachkräften zu sinken. Das künftige Angebot an MINT-Fachkräften wird durch die demografische Entwicklung und zugleich sinkende durchschnittliche PISA-Kompetenzen der in den Arbeitsmarkt nachrückenden Jahrgänge belastet. Andere Länder wie Japan oder Korea weisen deutlich bessere und stabilere MINT-Kompetenzen auf oder haben wie die USA, Frankreich, Dänemark und Schweden eine deutlich günstigere demografische Ausgangslage.

### Die großen Herausforderungen der Zukunft für die deutsche Wirtschaft: Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und Deglobalisierung

Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und Deglobalisierung erfordern von den Unternehmen grundlegende Anpassungen, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. 30 Prozent aller Unternehmen und 9 von 10 größeren Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe sind von allen „4 Ds“ gleichzeitig betroffen. Um die Herausforderungen zu meistern, spielen Innovationen eine zentrale Rolle.

### Innovierende Unternehmen sind bei der Transformation besser aufgestellt

Innovierende Unternehmen sehen sich in einer IW-Befragung für Klimaschutz und Energiewende, Digitalisierung, Fachkräftesicherung und potenzielle Handelsbeschränkungen häufiger gut aufgestellt und seltener schlecht aufgestellt als nicht innovierende Unternehmen. Doch auch für innovierende Unternehmen bedeutet die Transformation eine große Herausforderung.

### Fachkräftemangel bremst Digitalisierung und Klimaschutz

Trotz des ausgeprägten Bewusstseins für die Bedeutung der Transformation sehen sich viele Unternehmen vor allem aufgrund des Fachkräftemangels schlecht aufgestellt. Mit 44 Prozent nennen die Unternehmen den Fachkräftemangel als größte Hürde für die Digitalisierung. Fachkräftengpässe sind auch für 29 Prozent der Unternehmen bei Klimaschutz und Energiewende und für 27 Prozent der Unternehmen beim Umgang mit geopolitischen Risiken ein großes Hemmnis.

### Steigender Bedarf an MINT-Fachkräften

Für die Entwicklung klimafreundlicher Produkte und Technologien wird in den kommenden Jahren ein steigender Bedarf an MINT-Fachkräften angenommen: 35 Prozent der Unternehmen erwarten dies für Absolventinnen und Absolventen der Informatik und 28 Prozent für Absolventinnen und Absolventen der Ingenieurwissenschaften. Innovierende Unternehmen haben dabei in größerem Maße steigende Bedarfe an MINT-Kräften als nicht innovierende Unternehmen.

### Bildungsinvestitionen als Schlüssel zur erfolgreichen Bewältigung der Transformation

Aus Sicht nahezu aller Unternehmen sind zur Bewältigung der Transformation vor allem verstärkte Bildungsinvestitionen des Staates von zentraler Bedeutung. Auf einer Skala von 0 bis 100 geben die Unternehmen im Median einen Wert von 96 an.

## MINT-Herbstreport 2024: Kernbefunde

---

### Herausforderung 1: MINT-Studienanfängerzahlen erhöhen

Die Anzahl der Studienanfängerinnen und -anfänger in MINT ist von 198.000 im Studienjahr 2016 auf 179.500 im Studienjahr 2023 deutlich gefallen. Dadurch dürfte es zu einem starken Rückgang an MINT-Hochschulabsolventinnen und -absolventen in den kommenden Jahren kommen. Durch mehr klischeefreie Berufs- und Studienorientierung, eine bessere MINT-Bildung und mehr internationale Studierende müssen mehr MINT-Studienanfängerinnen und -anfänger gewonnen werden.

### Herausforderung 2: MINT-Kompetenzen in Schulen erhöhen

Auswertungen von PISA-Daten zeigen: Leistungsstarke Jugendliche in Mathematik lernen gern neue Dinge und mögen es, komplexe Probleme zu lösen. In den Jahren 2012 bis 2022 ist der Anteil der leistungsstarken Jugendlichen in Mathematik von 17,5 Prozent auf 8,6 Prozent gesunken, der Anteil der leistungsschwachen Jugendlichen von 17,7 Prozent auf 29,5 Prozent gestiegen. Durch mehr und besseren Mathematikunterricht sowie mehr Sprachförderung und bessere Bildungschancen muss dieser Trend umgekehrt werden.

### Herausforderung 3: Weltoffenheit fördern

Zuwanderung trägt bereits heute stark zur Sicherung der Fachkräftebasis und Innovationskraft bei. Der Anteil der Erfindenden mit ausländischen Wurzeln bei Patentanmeldungen ist zwischen den Jahren 2010 und 2020 von 7,5 Prozent auf 13 Prozent gestiegen. Zuwanderung wird immer wichtiger für die Fachkräftesicherung, denn die Ausländeranteile an den Beschäftigten nehmen stark zu. Die Bedeutung dieser Entwicklung für die Unternehmen zeigt eine aktuelle IW-Befragung: 69 Prozent aller Unternehmen beziehungsweise 74 Prozent der innovierenden Unternehmen bewerten die Weltoffenheit der Region des Unternehmensstandorts als wichtig für das eigene Unternehmen.

”

*Reaffirming and strengthening America's role as the world's engine of scientific discovery and technological innovation is essential to meeting the challenges of this century. That's why I am committed to making the improvement of STEM education over the next decade a national priority.“*

Barack Obama, November 2009

**Der MINT-Herbstreport 2024 unterstreicht die dringende Notwendigkeit, den Fachkräftemangel im MINT-Bereich durch gezielte Maßnahmen zu bekämpfen, um die Innovationskraft Deutschlands langfristig zu sichern.**

# Deutschland fällt bei der Innovationskraft im internationalen Vergleich zurück

## MINT: Der Schlüssel zu Innovation und Wachstum

Qualifikationen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) sind nicht nur am Arbeitsmarkt begehrt und selten. Das Angebot an Arbeitskräften mit MINT-Kompetenzen wirkt über vielfältige Kanäle auch auf die Innovationskraft, das Wachstum und den Wohlstand von Regionen.

Grundsätzlich besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Bildungsstand und dem Einkommen von Personen sowie dem Wirtschaftswachstum von Regionen. Empirische Ergebnisse zeigen einen engen Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Bildungsstand in einem Land und dem Wirtschaftswachstum – dies gilt sowohl für formale Qualifikationen als auch in noch stärkerem Maße für erworbene MINT-Kompetenzen, wie sie bei PISA für 15-Jährige in Mathematik und Naturwissenschaften gemessen werden (Hanushek/Wössmann, 2008).

LÄNDER, DIE NAH AN DER TECHNOLOGISCHEN GRENZE – ALSO DEM NEUESTEN STAND DER TECHNISCHEN MÖGLICHKEITEN – PRODUZIEREN, BENÖTIGEN VOR ALLEM MINT-FACHKRÄFTE, UM DIE INNOVATIONSDYNAMIK ZU STÄRKEN.

In einem europäischen Vergleich zeigt sich eine Wirkungskette derart, dass das Zusammenspiel aus einer hohen Beschäftigungsdichte von MINT-Arbeitskräften und einer hohen gesamtwirtschaftlichen Forschungsintensität in der Regel zu einer hohen Innovationskraft führt (Anger et al., 2014).

Neuere Untersuchungen bestätigen die Ergebnisse: Eine Untersuchung zu 284 europäischen Regionen im Zeitraum von 2000 bis 2017 zeigt, dass eine Ausweitung des tertiären Bildungssystems das Wirtschaftswachstum stärkt und dass dieser Effekt besonders groß ist, wenn sich die Universitäten auf MINT-Disziplinen spezialisieren (Agasisti/Bertoletti, 2022). Eine Studie zu 35 europäischen Ländern im Zeitraum von 1995 bis 2019 (Bacovic et al., 2022), zu 28 EU-Staaten im Zeitraum von 1992 bis 2015 (Ahmadov, 2020) und eine Studie zu den Staaten der USA im Zeitraum von 1990 bis 2011 (Ray, 2015) kommen jeweils zu dem Ergebnis, dass MINT-Arbeitskräfte beziehungsweise steigende Anteile von MINT-Absolventinnen und -absolventen positive Effekte auf das BIP-Wachstum haben.

Internationale Studien zeigen dabei, dass verschiedene Wirkungskanäle von MINT zum Wirtschaftswachstum über die Innovationskraft von Unternehmen und Regionen geprägt werden. So weisen Industrien, die mehr MINT-Fachkräfte beschäftigen, mehr Patente auf (Shambaugh et al., 2017, 6), und es besteht eine enge Abhängigkeit zwischen Patenten in einer Region und dem Ausmaß an MINT-Absolventinnen und -absolventen (Podobnik et al., 2023). Technische IKT-Innovationen können nur implementiert werden, wenn ein Unternehmen über entsprechend geschulte Fachkräfte

verfügt (OECD, 2022, 43). Gerade für die neue Welle an Innovationen – beispielsweise in den Bereichen Cloud und künstliche Intelligenz – hat die Bedeutung von MINT-Qualifikationen für die erfolgreiche Einführung neuer Technologien noch einmal deutlich zugenommen (Draca et al., 2024). Ferner helfen Führungskräfte mit MINT-Hintergrund ihren Unternehmen, die mit Innovationen verbundenen Unklarheiten (Alderman et al., 2022) beziehungsweise die digitale Transformation (Zhang/Bu, 2024) zu bewältigen.

## MINT und Innovation: die treibenden Kräfte der deutschen Wirtschaft

BRANCHENANALYSEN BELEGEN AUCH FÜR DEUTSCHLAND EINDRUCKSVOLL DIE ENGE VERZÄHNUNG ZWISCHEN MINT-BERUFEN (MATHEMATIK, INFORMATIK, NATURWISSENSCHAFTEN UND TECHNIK) UND INNOVATIONSKRAFT. BESONDERS IN DER METALL- UND ELEKTRO-INDUSTRIE (M+E) IST DIESER ZUSAMMENHANG WICHTIG.

Im Jahr 2021 verfügten dort (laut Mikrozensus-Berechnungen) 55,4 Prozent der Erwerbstätigen in der Metallherstellung/-verarbeitung, 55,5 Prozent in der Elektroindustrie, 63,0 Prozent im Fahrzeugbau, 64,4 Prozent im Maschinenbau und 67,6 Prozent in der Branche technische FuE-Dienstleistungen über einen MINT-Hochschulabschluss oder eine berufliche Qualifikation in einem MINT-Fach.

Die Innovationskraft der **M+E-Industrie** zeigt sich auch in den beeindruckenden Innovationsausgaben: **Im Jahr 2022 investierte die Branche 109,7 Milliarden Euro in Innovationen** und trug damit zu 57,5 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Innovationsausgaben Deutschlands bei. Zum Vergleich: Im Jahr 2010 lagen die Innovationsausgaben der M+E-Industrie noch bei 66,3 Milliarden Euro, was 55 Prozent der damaligen gesamtwirtschaftlichen Ausgaben entsprach (Rammer et al., 2024).

Die wichtigsten Innovationsbranchen im Jahr 2022 waren Fahrzeugbau (57,5 Mrd. Euro), Elektroindustrie (21,7 Mrd. Euro), EDV/Telekommunikation (20,9 Mrd. Euro), Chemie/Pharma (19,9 Mrd. Euro) und Maschinenbau (17,2 Mrd. Euro). Die innovationsstarken Branchen verzeichneten einen Innovationsaufwand zwischen 5,7 Prozent (Maschinenbau) und 9,3 Prozent (Elektroindustrie) ihres Umsatzes (Rammer et al., 2024). Gleichzeitig gehören sie zu den Sektoren mit dem höchsten Anteil an MINT-Fachkräften.

Diese zentrale Rolle der MINT-Berufe in den Kernbranchen des deutschen Geschäftsmodells unterstreicht, dass die Kombination aus hochqualifizierten Arbeitskräften und intensiven Innovationsbemühungen der Schlüssel zu Deutschlands Innovationsführerschaft ist.

## Wettbewerbsfähigkeit: Deutschland gerät im internationalen Vergleich ins Hintertreffen

Deutschland verliert im globalen Innovationswettbewerb zunehmend an Boden. Während das Land in den vergangenen Jahren in internationalen Innovationsrankings bestenfalls stagnierte, droht es nun weiter zurückzufallen. Im Global Innovation Index der WIPO rangiert Deutschland seit einigen Jahren stabil auf Platz 8 – im Vergleich zu einer größeren Gruppe von Ländern (WIPO, 2023). Im Innovationsindikator des BDI, der die Schaffung, Verbreitung und Umsetzung von Wissen sowie die Nutzung von Innovationen bewertet, war Deutschland seit dem Jahr 2005 relativ konstant unter 35 Ländern platziert, ist aber im aktuellen Ranking von Platz 10 auf 12 zurückgefallen (BDI et al., 2024). Eine aktuelle Studie von IW, Boston Consulting Group und BDI zeigt strukturelle Schwächen Deutschlands auf. Besonders problematisch sind die steigenden Kosten für Energie, Löhne, Steuern und Bürokratie, die die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie zunehmend belasten. Während der Standort in Bereichen wie Stromnetzstabilität, Rechtssicherheit, globalem Marktzugang und Forschung gut abschneidet, drohen insbesondere im Bildungssektor Rückschritte. Relative Stärken bestehen in dieser Studie noch bei den FuE-Ausgaben, einer starken Patentleistung und einem überdurchschnittlichen Anteil an MINT-Absolventinnen und -absolventen (Schaefer et al., 2024).

Die Studie warnt, dass ein Fünftel der industriellen Wertschöpfung in Deutschland mittelfristig gefährdet ist – vor allem durch hohe Energiekosten und schrumpfende Märkte in traditionellen Kerntechnologien. Gleichzeitig bieten die globale Klimatransformation und die Entwicklung neuer Schlüsseltechnologien enorme Wachstumschancen. Um diese Potenziale zu nutzen, sind jedoch erhebliche Investitionen in die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts nötig. Priorität sollten hierfür die Bereiche Energieversorgung, Infrastruktur, Digitalisierung und Bildung haben (Schaefer et al., 2024).

### Innovationsindikatoren im Rückblick: Deutschland verliert seinen Vorsprung

Ein Blick auf Deutschlands Innovationskraft im internationalen Vergleich zeigt einen beunruhigenden Trend (siehe Grafik 1).

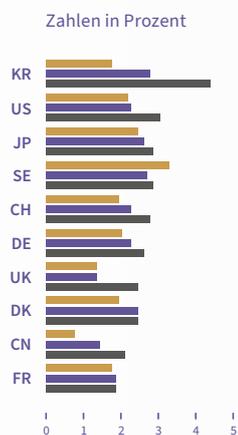
IM VERGLEICH MIT LÄNDERN WIE DER SCHWEIZ, SCHWEDEN, DEN USA, JAPAN, KOREA, FRANKREICH, DÄNEMARK, DEM VEREINIGTEN KÖNIGREICH UND CHINA WIRD DEUTLICH, DASS DEUTSCHLAND AN WETTBEWERBSFÄHIGKEIT EINGEBÜSST HAT.

Im Jahr 2000 belegte Deutschland bei den FuE-Ausgaben (Forschung und Entwicklung) noch mit einem Anteil von 2,4 Prozent des BIP den 4. Platz unter diesen zehn Ländern. Obwohl Deutschland diese Quote bis zum Jahr 2022 auf 3,1 Prozent erhöhen konnte, ist die Forschungsintensität in anderen Ländern stärker gestiegen. Dies führte dazu, dass Deutschland im Jahr 2022 auf den 6. Platz unter diesen 10 Ländern zurückgefallen ist.

Auch die Patentleistung Deutschlands zeigt einen rückläufigen Trend. **Auswertungen der IW-Patentdatenbank zeigen, dass der Anteil Deutschlands an den internationalen Patentanmeldungen seit dem Jahr 2000 stetig gesunken ist.** Während die USA ihren Anteil halten konnten, haben Länder wie China und Korea große Fortschritte gemacht (Grafik 1). Betrachtet man die Binnenstruktur der Patentanmeldungen, beispielsweise für die Automobilindustrie, differenziert nach konventionellem und elektrifiziertem Antriebsstrang, so zeigen weitere Analysen der IW-Patentdatenbank, dass sich in China seit dem Jahr 2010 die Forschungsschwerpunkte sehr stark in Richtung des elektrifizierten Antriebsstrangs entwickeln. Währenddessen fällt in den USA, Deutschland, Japan und Korea die Fokussierung in Richtung des elektrifizierten Antriebsstrangs deutlich moderater aus (Kohlisch et al., 2023).

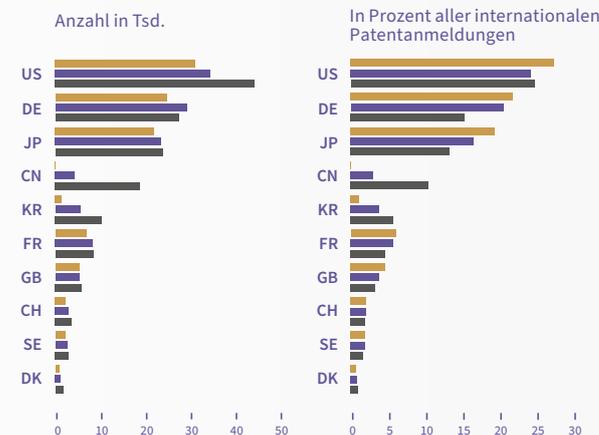
Diese Entwicklung verdeutlicht den Handlungsbedarf, um die Innovationsfähigkeit Deutschlands wieder zu stärken und international konkurrenzfähig zu bleiben.

#### FUE-AUSGABEN AM BIP



#### INTERNATIONALE PATENTANMELDUNGEN NACH LÄNDERN

Erfindersitz, juristische Personen, fraktional kumuliert



Grafik 1

Daten: <http://dl.iwkoeln.de/>

Quellen: OECD, IW-Patentdatenbank



## (MINT-)Fachkräftemangel als größtes Innovationshindernis

Die Umsetzung von Innovationsvorhaben in Unternehmen wird zunehmend durch verschiedene Hemmnisse erschwert. Im Zeitraum von 2020 bis 2022 berichteten in der ZEW-Innovationserhebung rund 59 Prozent aller Unternehmen von Behinderungen bei ihren Innovationsprojekten. Etwa 40 Prozent der Unternehmen sahen sich gezwungen, aufgrund dieser Hemmnisse auf einzelne der Innovationsvorhaben zu verzichten, während 25 Prozent Verzögerungen erlebten und 9 Prozent Projekte ganz abbrechen mussten. Rund 16 Prozent der Unternehmen, die keine Innovationsaktivitäten aufweisen, führten dies auf Innovationshemmnisse zurück (Hottenrott et al., 2024).

Der Fachkräftemangel stellte das häufigste Innovationshindernis dar: 37 Prozent der Unternehmen waren im Zeitraum von 2020 bis 2022 davon betroffen – ein deutlicher Anstieg im Vergleich zu weniger als 10 Prozent im Zeitraum von 2004 bis 2006 (Hottenrott et al., 2024).

**RUND DREI VIERTEL DER FACHKRÄFTE, DIE IN DER FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG TÄTIG SIND, HABEN EINE MINT-QUALIFIKATION. DAHER WIRKT SICH VOR ALLEM DER MANGEL AN MINT-FACHKRÄFTEN BELASTEND FÜR DIE INNOVATIONS-AKTIVITÄTEN AUS.**

Zwischen den Jahren 2011 und 2018 zeigt sich dabei eine strukturell bedingt steigende MINT-Lücke am Arbeitsmarkt. Der Konjunkturunbruch im Jahr 2020 sowie die konjunkturelle Abkühlung in den Jahren 2023/2024 reduzierte jeweils die MINT-Lücke, das Bild der aus strukturellen Gründen steigenden Engpässe bleibt jedoch erhalten.

Rund

**209.000 Personen**

fehlen auch im September 2024 trotz starker konjunktureller Abkühlung am Arbeitsmarkt, um die Nettobedarfe in MINT-Berufen (Differenz Anzahl offene Stellen zu Arbeitslosen) zu decken.

### Innovationsausblick: Demografie und rückläufige Bildungsleistung belasten Deutschland

Der Innovationsausblick für Deutschland wird zunehmend durch die demografische Entwicklung des Landes beeinträchtigt. Aktuell sind in Deutschland lediglich 4,6 Prozent der Bevölkerung zwischen 15 und 19 Jahren alt, während 7,2 Prozent zwischen 60 und 64 Jahren alt sind. Dieses demografische Ungleichgewicht verstärkt den Druck auf den Arbeitsmarkt, da deutlich mehr Menschen in den Ruhestand gehen, als junge Fachkräfte nachkommen. In Ländern wie Korea und Japan ist die Situation ähnlich, aber sie weisen günstigere Entwicklungen in anderen Indikatoren zur Innovationskraft auf. Im Gegensatz dazu haben Länder wie die USA, Frankreich, Dänemark und Schweden eine ausgewogenere Altersstruktur mit einem höheren Anteil an jungen Menschen.

Besonders deutlich wird diese Herausforderung im Bildungsbereich. Während Deutschland sich nach dem Jahr 2000 bei der PISA-Studie in Mathematik zunächst deutlich verbessern konnte und bis zum Jahr 2012 einen mittleren Platz erreichte, hat sich diese Entwicklung in den letzten Jahren umgekehrt. Zwischen den Jahren 2012 und 2022 fielen die PISA-Ergebnisse in Mathematik um 39 Punkte, was in keinem anderen Land so stark der Fall war (Grafik 2).

Grafik 2

### ALTERSSTRUKTUR DER BEVÖLKERUNG UND PISA-ERGEBNISSE IM VERGLEICH

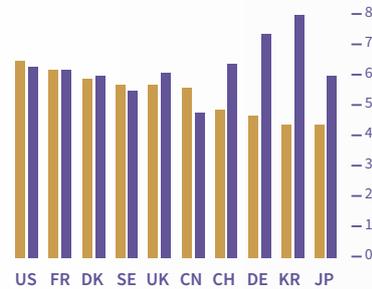
**Daten:**  
<http://dl.iwkoeln.de/>

**Quellen:**  
 Japan, Korea, China,  
 Vereinigtes Königreich, USA:  
 OECD, Stand 2022

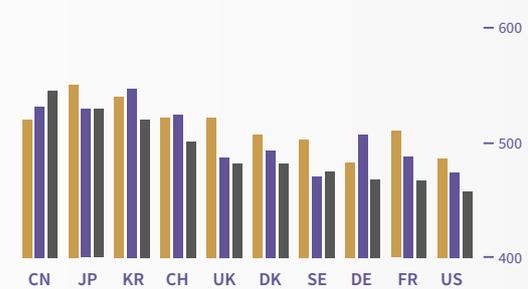
Deutschland, Schweiz, Schweden,  
 Dänemark, Frankreich:  
 Eurostat, Stand 1.1.2023

PISA

Anteil der Bevölkerung im Alter von ...  
 an der Gesamtbevölkerung



PISA-Ergebnisse in Mathematik



15-19-Jährige 60-64-Jährige

2000 2012 2022

Diese Verschlechterung hat direkte Auswirkungen auf die Zahl der MINT-Studienanfängerinnen und -anfänger und wird in den kommenden Jahren die Verfügbarkeit hochqualifizierter Fachkräfte beeinträchtigen. Bereits im Jahr 2022 zeigt sich, dass in Deutschland zwar mit rund einem Drittel ein international betrachtet hoher Anteil unter Hochschulabsolventinnen und -absolventen ein MINT-Fach belegt. Einschränkend haben jedoch im Jahr 2022 nur 38,5 Prozent der 25- bis 34-jährigen Personen einen tertiären Abschluss. Multipliziert man den MINT-Anteil mit dem Anteil tertiär qualifizierter Personen, hat in Deutschland rund jeder siebte junge Erwachsene einen tertiären Abschluss mit MINT-Ausrichtung. Ähnliches gilt für die meisten anderen der betrachteten Länder. Korea, Schweden und Frankreich weisen höhere Anteile an hochqualifizierten MINT-Kräften auf. Bezogen auf die Erwerbstätigen im Land insgesamt ist die Anzahl der Hochschulabsolventinnen und -absolventen in MINT (MINT-Ersatzquote) in Deutschland höher als in Japan und (noch) leicht höher als in Schweden, der Schweiz und den USA, liegt aber deutlich niedriger als in Dänemark, Korea und Frankreich.

**Für die Zukunft zeigt sich jedoch ein düsteres Bild: Wie Japan und Korea steht Deutschland vor dem Problem, dass deutlich mehr ältere Arbeitskräfte den Markt verlassen, als junge nachrücken. Anders als diese Länder konnte Deutschland das hohe Kompetenzniveau seiner jungen Generation im Bereich Mathematik nicht halten, was den MINT-Nachwuchs und damit die Innovationskraft in der Zukunft weiter schwächen könnte.**

”

*Skills shortages are acting as a barrier to innovation and technology adoption and could potentially hinder decarbonisation as well. Europe produces high quality talent in the fields of science, technology, engineering and maths (STEM) but their supply is limited. The EU turns out around 850 STEM graduates per million inhabitants per year compared to more than 1,100 in the US.“*

Mario Draghi, September 2024

# 4D-Herausforderungen meistern durch mehr Innovationen und Fachkräfte

## Die großen Herausforderungen der Zukunft für die deutsche Wirtschaft: Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und Deglobalisierung

Die deutsche Wirtschaft steht vor tiefgreifenden Veränderungen. Neben den geopolitischen Unsicherheiten durch den Krieg in der Ukraine und Konflikte im Nahen Osten, die eine Energiepreiskrise und gestörte Lieferketten nach sich ziehen, wirken vier langfristige und disruptive Trends auf das deutsche Geschäftsmodell ein: **Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und Deglobalisierung** – zusammengefasst als die „4D“. Rund 30 Prozent der Unternehmen sind dabei von allen vier Trends gleichzeitig betroffen, unter Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe ab einer Beschäftigtenzahl von 250 Mitarbeitenden sind es sogar 9 von 10 Unternehmen (Demary et al., 2024). Diese Trends erfordern von Unternehmen grundlegende Anpassungen, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. Innovationen spielen dabei eine zentrale Rolle.

## Innovierende Unternehmen sind bei der Transformation besser aufgestellt

DAMIT UNTERNEHMEN DIE NOTWENDIGEN VERÄNDERUNGEN ERFOLGREICH MEISTERN KÖNNEN, IST ES ENTSCHEIDEND, DASS SIE DIE AUSWIRKUNGEN DER 4D-TRENDS AUF IHR EIGENES GESCHÄFT IDENTIFIZIEREN.

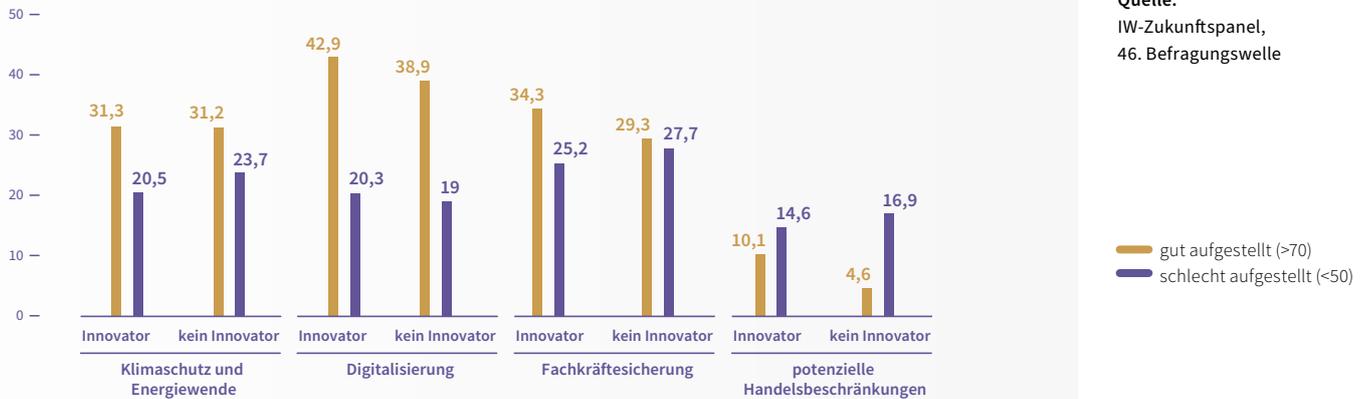
Bei einem Vergleich, ob sich die Unternehmen für den Klimaschutz und die Energiewende, die Digitalisierung, die Fachkräftesicherung und potenzielle Handelsbeschränkungen gut aufgestellt sehen, zeigt sich, dass innovierende Unternehmen sich häufiger gut aufgestellt und seltener schlecht aufgestellt sehen als nicht innovierende Unternehmen. Aber auch bei den innovierenden Unternehmen ist das Ausmaß an Unternehmen (zu) hoch, die sich als nicht gut aufgestellt einordnen.

”

*Es ist zu erwarten, dass der durch die demografische Alterung verstärkte Fachkräftemangel auch zu wachsenden Personalengpässen im deutschen Wissenschafts- und Innovationssystem führen wird.“*

EFI-Gutachten, 2024

## SO VIEL PROZENT DER INNOVIERENDEN UND NICHT INNOVIERENDEN UNTERNEHMEN SIEHT SICH FÜR DIE HERAUSFORDERUNGEN IN FOLGENDEN BEREICHEN GUT ODER SCHLECHT AUFGESTELLT



Rest: nicht relevant oder Bewertung 50-70; Befragung mit dem IW-Zukunftspanel (46. Befragungswelle) im Zeitraum November 2023 bis Januar 2024, 699 Antworten zur Frage „Wie gut ist Ihr Unternehmen in den folgenden Bereichen aufgestellt?“

### Grafik 3

#### Daten:

<http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/dwt2pqJ8sHtrTHB>

#### Quelle:

IW-Zukunftspanel, 46. Befragungswelle

## Fachkräftemangel bremst Digitalisierung und Klimaschutz

Auch wenn die Mehrheit der Unternehmen ein starkes Bewusstsein für die Bedeutung der Transformation, insbesondere in den Bereichen Digitalisierung und Klimaschutz, beweist, sieht sich ein (zu) hoher Anteil der Unternehmen nicht gut aufgestellt. Bereits in einer IW-Befragung im Jahr 2020 wurde festgestellt, dass der Fachkräftemangel die Einführung digitaler Geschäftsmodelle erheblich verzögert. Diese Problematik bleibt akut: **In der aktuellen Umfrage aus dem Winter 2023/2024 gaben 44 Prozent der Unternehmen an, dass der Mangel an qualifiziertem Personal die größte Hürde für die Digitalisierung darstellt.** Besonders betroffen ist die Branche Energie-, Wasserversorgung, Entsorgung, gefolgt auf hohem Niveau von vielen anderen Sektoren der Industrie, des Verarbeitenden Gewerbes und der Dienstleistungen.

**Fehlende Fachkräfte werden von 27 Prozent der Unternehmen als Hemmnis im Umgang mit geopolitischen Risiken eingeschätzt.** Die Bewertung fällt wiederum sehr unterschiedlich zwischen den Branchen aus. Sehr hoch ist die Bedeutung auch hier in der Branche Energie-, Wasserversorgung,

Entsorgung, auffällig hoch aber auch in der Branche Chemie/Pharma, die stark von Importen abhängig ist. Eher regional tätige Dienstleister sehen sich hingegen weniger betroffen.

**AUCH DER FACHKRÄFTEMANGEL IM ZUSAMMENHANG MIT DEM KLIMASCHUTZ VARIERT STARK ZWISCHEN DEN BRANCHEN. INSGESAMT SEHEN 29 PROZENT DER UNTERNEHMEN DEN FACHKRÄFTEMANGEL ALS HÜRDE FÜR DEN KLIMASCHUTZ AN.**

Besonders hoch ist die Bedeutung des Fachkräftemangels als Hindernis für Aktivitäten im Klimaschutz mit 74,6 Prozent der Unternehmen in der Energiebranche. Im Maschinenbau, der Elektroindustrie und dem Fahrzeugbau sind es 44,2 Prozent, bei unternehmensnahen Dienstleistern hingegen nur 18,5 Prozent.

Grafik 4

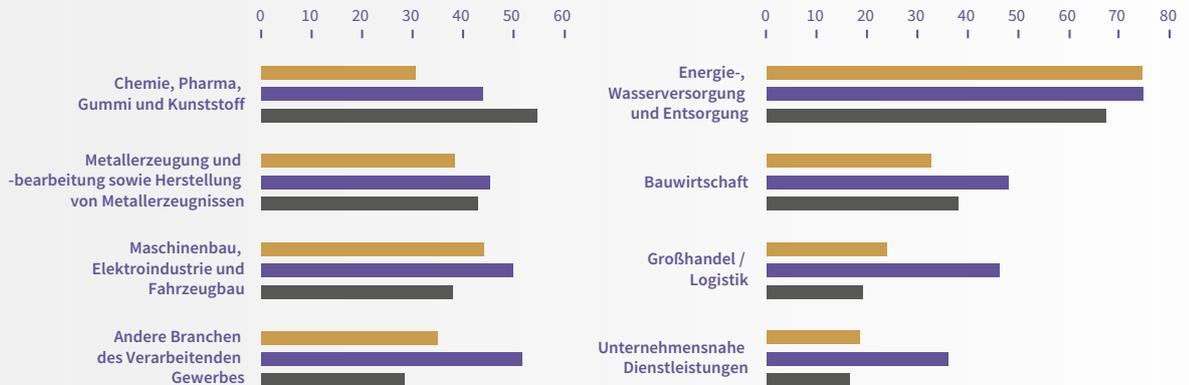
Daten:  
<http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/dwt2pqJ8sHtrTHB>

Quelle:  
 IW-Zukunftspanel,  
 46. Befragungswelle

Klimaschutz und  
 Energiewende  
 Digitalisierung  
 Umgang mit  
 geopolitischen Risiken

## UNS FEHLEN FACHKRÄFTE FÜR

Zahlen in Prozent



Befragung mit dem IW-Zukunftspanel (46. Befragungswelle) im Zeitraum November 2023 bis Januar 2024, 622 Antworten zur Frage „Gibt es Hemmnisse, Ihr Unternehmen besser bezüglich der ... aufzustellen?“ als Antwort zu „Uns fehlen Fachkräfte für...“

## Steigender Bedarf an MINT-Fachkräften

Für die Entwicklung klimafreundlicher Technologien und Produkte werden in den kommenden fünf Jahren aus Sicht der Unternehmen vor allem Expertinnen und Experten aus den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) benötigt.

Rund

# 34,6 %

der Unternehmen erwarten einen steigenden Bedarf an IT-Fachkräften, 27,6 Prozent einen erhöhten Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren. Innovative Unternehmen melden diesen Bedarf noch stärker als weniger innovationsorientierte Firmen.

**BESONDERS GEFRAGT SIND MINT-FACHKRÄFTE IN DEN BRANCHEN ENERGIE-, WASSERVERSORGUNG, ENTSORGUNG, CHEMIE/ PHARMA UND MASCHINENBAU, ELEKTRO-TECHNIK, FAHRZEUGBAU.**

Diese Branchen stehen im Zentrum der Transformation hin zu einer klimafreundlichen und digitalisierten Wirtschaft. Sie werden in den kommenden Jahren besonders stark auf MINT-Expertinnen und -Experten angewiesen sein.

Vor dem Hintergrund der Transformationsprozesse von Digitalisierung, Dekarbonisierung und Demografie tragen Hochschulen nicht nur zur reinen Wissensvermittlung und Ausbildung von Studierenden bei, sondern geben auch direkte Impulse zur Förderung von Innovationen. In der Literatur werden Hochschulen daher zum Teil auch als „Keimzelle des Wandels“ hervorgehoben (Artinger, 2022, 210). In einer aktuellen IW-Erhebung wurden die Unternehmen danach gefragt, welche Impulse sie sich von Hochschulen wünschen. Unter allen Unternehmen werden Innovationsimpulse durch Wissenstransfer von der Hochschule in Unternehmen am wichtigsten eingeschätzt. Hierbei ist auch die direkte Ausbildung von Hochschulabsolventinnen und -absolventen für den Wissenstransfer von besonderer Bedeutung. Wichtige Innovationsimpulse sehen Unternehmen bei Hochschulen auch in ihrer Rolle als Weiterbildungsanbieter, durch Forschungs Kooperationen und die Förderung von Start-ups sowie in der Ausbildung internationaler Hochschulabsolventinnen und -absolventen (Anger et al., 2024b).

# MINT-Bildung als Schlüssel der Zukunft

## Bildungsinvestitionen von entscheidender Bedeutung

Für das wirtschaftliche Wachstum eines Landes ist Bildung äußerst bedeutsam (Autor:innengruppe Bildungsberichterstattung, 2024, 361). Bildungskompetenzen wirken dabei sowohl positiv auf die Produktivität als auch auf das Hervorbringen von Technologien und Innovationen. Die Bewältigung der tiefgreifenden Transformationen erfordert folglich vor allem verstärkte Bildungsinvestitionen. Auch Unternehmen betonen dies eindrücklich:

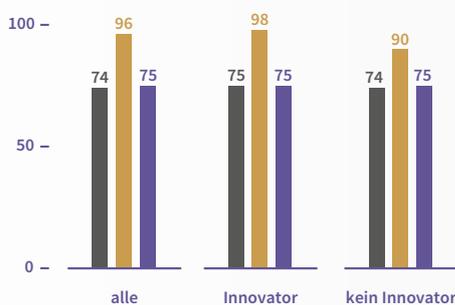
**In der Umfrage des IW-Zukunftspanels gaben sie auf einer Skala von 0 (völlig unwichtig) bis 100 (unbedingt erforderlich) einen Medianwert von 96 für die Bedeutung von Bildungsinvestitionen an.**

(Demary et al., 2024)

Besonders Innovatoren unter den Unternehmen fordern mit einem Medianwert von 98 noch einmal stärker zusätzliche Investitionen in das Bildungssystem. Dies zeigt den hohen Druck auf das Thema Fachkräfte, der mit den großen Herausforderungen der 4D-Trends (Digitalisierung, Dekarbonisierung, Demografie und Deglobalisierung) verbunden ist.

## GELINGENSBEDINGUNGEN DER TRANSFORMATION

Antworten der Unternehmen auf einer Skala von 0 (völlig unwichtig) bis 100 (unbedingt erforderlich)



Befragung mit dem IW-Zukunftspanel (46. Befragungswelle) im Zeitraum November 2023 bis Januar 2024, 654 - 657 Antworten zu der Frage „Wie bedeutsam sind die folgenden Bedingungen/Faktoren, damit die deutsche Wirtschaft die angesprochenen Transformationen bewältigen und gestalten kann?“

Grafik 5

**Daten:**  
<http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/dwt2pqJ8sHtrTHB>

**Quelle:**  
 IW-Zukunftspanel,  
 46. Befragungswelle

- höhere staatliche Förderung der Investitionen (z.B. Risikokapital)
- mehr Investitionen des Staates in das Bildungssystem
- politische Flankierung unternehmerischer Maßnahmen (etwa Freihandelsabkommen)

## Herausforderung 1: MINT-Studienanfängerzahlen erhöhen

Vor dem Hintergrund der hohen Bedeutung der MINT-Expertinnen und -Experten für die Innovationskraft in Deutschland sowie das Gelingen der Transformation ist es sehr bedenklich, dass die Zahl der Studienanfängerinnen und -anfänger in MINT-Fächern zurückgeht. **Während im Jahr 2016 noch rund 198.000 Studierende ihr Studium in einem MINT-Fach begannen, sank die Zahl der MINT-Studierenden im ersten Hochschulsemester im Studienjahr 2023 auf knapp 179.500** (Statistisches Bundesamt, 2024 a). Besonders stark ausgeprägt ist der Rückgang bei deutschen Studienanfängerinnen und -anfängern in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik mit einem Einbruch um 23,2 Prozent. In den kommenden Jahren ist daher mit einem deutlichen Rückgang der Anzahl von MINT-Hochschulabsolventinnen und -absolventen zu rechnen. Mehr klischeefreie Berufs- und Studienorientierung, eine bessere MINT-Bildung und mehr internationale Studierende können helfen, in den kommenden Jahren mehr MINT-Studienanfängerinnen und -anfänger zu gewinnen.

## Herausforderung 2: MINT-Kompetenzen in Schulen erhöhen

Ein langfristiges Problem stellt der Rückgang der MINT-Leistungen in Schulen dar. Bei den jüngsten PISA-Erhebungen sanken die mathematischen Kompetenzen der 15-Jährigen zwischen den Jahren 2012 und 2022 von 514 auf 475 Punkte. Der Anteil der leistungsstarken Schülerinnen und Schüler in Mathematik schrumpfte von 17,5 Prozent auf nur noch 8,6 Prozent, während der Anteil der leistungsschwachen Jugendlichen von 17,7 Prozent auf 29,5 Prozent anstieg. Durch mehr und besseren Mathematikunterricht sowie mehr Sprachförderung und bessere Bildungschancen sollte der Anteil leistungsstarker Jugendlicher in Mathematik in den kommenden Jahren wieder deutlich erhöht werden.

Wichtig für die mögliche persönliche Eignung als Innovator ist der Befund bei PISA, dass Jugend-

liche, die es mögen, komplexe Probleme zu lösen, neue Dinge zu lernen und es für möglich halten, in fast jedem Fach kreativ zu sein, deutliche höhere Mathematik-Kompetenzen aufweisen. Besonders stark korrelieren die Mathematik-Kompetenzen mit der Zuversicht, die mathematischen Aspekte eines realen Problems zu erkennen.

## Herausforderung 3: Weltoffenheit erhöhen

Eine wichtige Rolle bei der Sicherung des MINT-Nachwuchses spielt auch die Zuwanderung. Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger mit im Ausland erworbener Studienberechtigung (Bildungsausländerinnen und -ausländer) stieg in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik von 15,3 Prozent im Jahr 2010 auf 32,1 Prozent im Jahr 2022. Auch bei den Absolventinnen und Absolventen dieser Fächer hat sich der Anteil fast verdoppelt (Statistisches Bundesamt, 2024 b). **Zudem wird erwartet, dass der Anteil ausländischer Fachkräfte in akademischen MINT-Berufen in den nächsten zehn Jahren von 11 auf 16 Prozent ansteigt** (Geis-Thöne/Plünnecke, 2024). Ein Fünftel aller erwerbstätigen MINT-Akademikerinnen und -Akademiker im Tätigkeitsbereich Forschung und Entwicklung hat in Deutschland einen Migrationshintergrund.

Auch im Bereich der Patentanmeldungen zeigt sich der Erfolg der Zuwanderung. Der Anteil von Personen mit ausländischen Wurzeln, die als Erfindende an Patentanmeldungen beteiligt sind, stieg von 7,5 Prozent im Jahr 2010 auf 13 Prozent im Jahr 2020. Besonders hoch ist der Anteil in der IT-Dienstleistungsbranche, wo 22,7 Prozent der Erfinderinnen und Erfinder ausländische Wurzeln haben (Haag et al., 2024).

Die Bedeutung dieser Entwicklung für die Unternehmen zeigt auch eine aktuelle Unternehmensbefragung des IW: 69 Prozent aller Unternehmen beziehungsweise 74 Prozent der innovierenden Unternehmen bewerten die Weltoffenheit der Region des Unternehmensstandorts als wichtig für das eigene Unternehmen (Anger et al., 2024b).

”

*Mittel- bis langfristig können Impulse für die Erhöhung der TFP von einer Verbesserung der Qualität der Schulbildung und einer Stärkung der Universitäten ausgehen. Eine höhere Attraktivität der Universitäten für Studierende und Forschende aus Drittländern kann mehr hochqualifizierte Fachkräfte attrahieren. Hochqualifizierte Zuwanderung kann über den direkten Effekt auf die Arbeitsstunden hinaus vor allem den Innovationsprozess stimulieren.“*

SVR-Gutachten 2023/2024

## Methodikbox IW-Patentdatenbank

Die IW-Patentdatenbank beinhaltet sämtliche rund 4,7 Millionen Patentanmeldungen, die seit dem Jahr 1994 Schutzwirkung für Deutschland oder darüber hinaus anstreben oder angestrebt haben, sei es über eine Anmeldung beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), beim Europäischen Patentamt (EPA) oder der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO). Durch diesen integrierten Ansatz ist es möglich, die Gesamtheit der Patentaktivitäten zu erfassen.

## Methodikbox IW-Zukunftspanel

Die Auswertungen basieren auf dem IW-Zukunftspanel, einer repräsentativen Unternehmensbefragung, die mehrmals jährlich vom Institut der deutschen Wirtschaft durchgeführt wird. Es wurden Geschäftsführer und Vorstände aus 982 Unternehmen der Industrie und industrienahen Dienstleistungsbranche befragt. Die Daten wurden im Zeitraum 15.11.2023 bis 19.01.2024 erhoben.

Wenn Sie an zukünftigen Befragungen teilnehmen möchten, können Sie sich hier registrieren:

[www.iw-panel-anmeldung.de](http://www.iw-panel-anmeldung.de).

## Autoren der Studie

Christina Anger

Julia Betz

Axel Plünnecke

# Literatur

---

- Agasisti, Tommaso / Bertoletti, Alice, 2022, Higher education and economic growth: A longitudinal study of European regions 2000–2017, *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume 81, 2022
- Ahmadov, Dayanat, 2020, Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) effect on GDP in EU countries: Labor force perspective, in: *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, 7. Jg., Nr. 1, S. 114–121
- Alderman, Jillian / Forsyth, Joetta / Griffy-Brown, Charla / Walton, Richard C., 2022, The benefits of hiring a STEM CEO: Decision making under innovation and real options, in: *Technology in Society*, 71. Jg., Nr. 102064
- Anger, Christina / Betz, Julia / Plünnecke, Axel, 2024a, MINT-Frühjahrsreport 2024. Herausforderungen der Transformation meistern, MINT-Bildung stärken, Gutachten für BDA, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, Köln
- Anger, Christina / Betz, Julia / Plünnecke, Axel, 2024b, Die Bedeutung des Auslandsstudiums im Transformationsprozess, erscheint als Gutachten für den DAAD, Köln
- Anger, Christina / Koppel, Oliver / Plünnecke, Axel, 2014, MINT und das Geschäftsmodell Deutschland, *IW-Positionen* Nr. 67, Köln
- Artinger, Frank, 2022, Zeitenwandel. Die HochschulAllianz für Angewandte Wissenschaften (HAWtech) als Wegbegleiter und Impulsgeber der großen gesellschaftlichen Transformationsprozesse, in: *50 Jahre hlb*, S. 209–224
- Autor:innengruppe Bildungsberichterstattung, 2024, Bildung in Deutschland 2022. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu beruflicher Bildung, Bielefeld
- Bacovic, Maja / Andrijasevic, Zivko / Pejovic, Bojan, 2022, STEM Education and Growth in Europe, in: *Journal of the Knowledge Economy*, Volume 13, S. 2348–2371
- BDI / Fraunhofer ISI / Roland Berger / ZEW, 2024, *Innovationsindikator 2024*, Berlin, München
- Demary, Vera / Matthes, Jürgen / Plünnecke, Axel / Schaefer, Thilo / Schmitz, Edgar, 2024, Herausforderungen der Transformation für die Unternehmen in Deutschland, in: *IW-Trends*, 51. Jg., Nr. 3, S. 89-106
- Draca, Mirko / Nathan, Max / Nguyen-Tien, Viet / Oliveira-Cunha, Juliana / Rosso, Anna / Valero, Anna, 2024, The New Wave? The Role of Human Capital and Stem Skills in Technology Adoption in the UK. IZA Discussion Paper No. 17329
- Europäische Kommission, 2024, The future of European competitiveness. Part A | A competitiveness strategy for Europe, Europäische Kommission
- Geis-Thöne, Wido / Plünnecke, Axel, 2024, Zukunftsszenarien für die MINT-Fachkräfteentwicklung.
- Haag, Maike / Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver, 2024, Der Innovationsbeitrag von Migration nach Branchen, *IW-Kurzbericht*, Nr. 16, Köln
- Hanushek, Eric A. / Woessmann, Ludger, 2008, The Role of Cognitive Skills in Economic Development, in: *Journal of Economic Literature*, 46. Jg., Nr. 3, S. 607–668
- Hottenrott, Hanna / Peters, Bettina / Rammer, Christian, 2024, Wie steht es um die Innovationsfähigkeit Deutschlands?, in *Wirtschaftsdienst*, 104. Jahrgang, Heft 104, S. 230-235

## Literatur

---

Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Puls, Thomas, 2023, Transformation der Automobilindustrie. Deutschlands Investitionsperformance im internationalen Vergleich, in: IW-Trends, Nr. 4, 50. Jg., S. 23-44

Lewalter, Doris / Diedrich, Jennifer / Goldhammer, Frank / Köller, Olaf / Reiss, Kristina (Hrsg.), 2023, PISA 2022, Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland, Münster/New York

Obama, Barack, 2009, President Obama Launches „Educate to Innovate“ Campaign for Excellence in Science, Technology, Engineering & Math (Stem) Education, 23.11.2009, <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/president-obama-launches-educate-innovate-campaign-excellence-science-technology-en>

OECD, 2022, OECD-Berichte zur Innovationspolitik: Deutschland 2022. Agile Ansätze für erfolgreiche Transformationen, Paris

Podobnik, Boris / Dabić, Marina / Wild, Dorian / Di Matteo, Tiziana, 2023, The impact of STEM on the growth of wealth at varying scales, ranging from individuals to firms and countries. The performance of STEM firms during the pandemic across different markets, in: Technology in Society, 72. Jg., Nr. 102148

Rammer, Christian / Doherr, Thorsten / Krieger, Bastian / Niggemann, Hiltrud / Peters, Bettina / Schubert, Torben / Trunschke, Markus / von der Burg, Julian / Eibelshäuser, Svenja, 2024, Innovationen in der deutschen Wirtschaft – Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2023, Mannheim

Ray, Rita, 2015, STEM Education and Economic Performance in the American States, MPRA Paper, Nr. 65517

Schaefer, Thilo / Goecke, Henry / Hönig, Tillman / Küper, Malte / BCG / BDI, 2024, Transformationpfade für das Industrieland Deutschland, Gutachten in Kooperation des Instituts der deutschen Wirtschaft mit der Boston Consulting Group und dem Bundesverband der deutschen Industrie, Berlin / Köln

Shambaugh, Jay / Nunn, Ryan / Portman, Becca, 2017, Eleven Facts about Innovation and Patents, Washington

Statistisches Bundesamt, 2024a, Statistik der Studierenden – Vorbericht. Vorläufige Ergebnisse Wintersemester 2023/2024, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt, 2024b, Bildung und Kultur. Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen, 1980-2022, Wiesbaden

SVR, 2023, Wachstumsschwäche überwinden – in die Zukunft investieren, Jahresgutachten 2023/2024, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.

WIPO - World Intellectual Property Organization, 2023, Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty. Geneva: WIPO. DOI:10.34667/tind.48220

Zhang, Kaixia / Bu, Caiqi, 2024, Top managers with information technology backgrounds and digital transformation. Evidence from small and medium companies, in: Economic Modelling, 132. Jg., Nr. 106629