



## Mikroelektronik: Fachkräftemangel ist ein gesellschaftliches Problem

Fachkräftemangel in den MINT¹-Fächern ist ein bekanntes branchenübergreifendes Problem, aber Fachkräftemangel in der Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie ist kritisch für die technologische Souveränität, die internationale Wettbewerbsfähigkeit sowie den Wohlstand Deutschlands und Europas. Denn: Die Mikroelektronik ist essenzielle Basistechnologie. Digitalisierung und Energiewende sind ohne leistungsstarke und effiziente Halbleiterchips undenkbar. Die Mikroelektronik ist Ideengeber für Produkt- und Prozessinnovationen – vom Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau über die Energietechnik bis hin zur Medizintechnik. In der Halbleiterindustrie sagt man auch oft: "Chips sind nicht alles, aber ohne Chips ist alles nichts". Beispielsweise führt ein kleiner Effizienzgewinn bei der Leistungselektronik dazu, dass bei der Einspeisung von Strom aus Windkraft und Photovoltaik oder beim Betrieb von Elektroautos enorme Mengen an Strom eingespart werden können.

Moderne Halbleiterchips sind das komplexeste Produkt, das die Menschheit je entwickelt und in Großserie produziert hat. Ihre fehlerfreie Umsetzung erfordert eine langfristige Synchronisation verschiedener technologischer Entwicklungen (s. auch "Perfekt getaktet?", Spitzner 2022). Die dahinter stehende Innovationskraft in der Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie wird durch den ständigen Zustrom neuer Köpfe und deren Ideen angetrieben: Die Fortschritte bei der Chipentwicklung beginnend bei neuen Materialen und energieeffizienten Schaltungsdesigns über spezielle Fertigungsanlagen und hochgenauen Halbleiterprozessen bis hin zu zuverlässigen Chipeinhausungen erfordert Fachkräfte aus der Elektrotechnik, aber auch aus der Chemie, Werkstoffwissenschaft und Physik, aus dem Maschinenbau und der Informatik. Ein Mangel an qualifizierten Fachkräften in diesen Bereichen führt also zu einem Austrocknen der Innovationspipeline und gefährdet damit die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit und den Wohlstand in Deutschland und Europa.

## Fachkräftemangel: Ein altbekanntes Problem mit neuer Schärfe

Die ausgebildeten Fachkräfte in der Elektrotechnik bzw. Mikroelektronik können bereits seit mehr als einem Jahrzehnt den Mehrbedarf an Ingenieur:innen und Techniker:innen, der durch die Digitalisierung, Elektrifizierung und Energiewende hervorgerufen wird, sowie den hohen Bedarf infolge des demografischen Wandels nicht mehr decken. Obwohl die Chancen für

Beruf und persönliche Entwicklung ideal sind, kämpfen die Universitäten und Fachhochschulen mit sinkenden Zahlen bei Studierendenanfänger:innen und steigenden Abbruchquoten in der Elektrotechnik. Auch die Halbleiterhersteller können ihre Ausbildungsstellen für Techniker:innen für Betrieb und Wartung der Fertigungslinien größtenteils nicht besetzen.

#### Die Herausforderung: Elektronik nicht nur nutzen, sondern verstehen

Auch wenn Jugendliche heute selbstverständlich Computer, Smartphone oder E-Roller ("digital natives") bedienen, beschäftigen sich nur die wenigsten damit, wie die Technik und Elektronik funktionieren. Hier wäre ein Schulfach "Technik" denkbar, um bereits in der Schule technische Sachverhalte zu vermitteln. Ein gutes Beispiel, wie die Welt der Mikroelektronik den Schüler:innen eröffnet werden kann, sind die Wettbewerbe von VDE und Bundesministerium für Bildung und Forschung "INVENT a CHIP" und "LABS for CHIPS"<sup>3</sup>. Im Vordergrund stehen das Ausprobieren und Selberfertigen, wodurch das Interesse und die Freude an Elektronik bei den Schüler:innen geweckt werden soll.

Den Gründen für die fehlende Begeisterung an der Elektrotechnik geht beispielsweise die "Imagestudie Elektrotechnik"<sup>4</sup> nach. Darin stellt sich heraus, dass in der Elektrotechnik ein massives Imageproblem bei Schüler:innen besteht: Oft verbinden die Schüler:innen Zukunftshemen wie Energiewende, Elektromobilität, Industrie 4.0 als auch ein abwechslungsreiches Arbeitsumfeld nicht mit der Elektrotechnik und Mikroelektronik. Sie schätzen die Elektrotechnik als unkreativ, zu handwerklich und mit zu wenig Menschenkontakt ein. Doch gerade Teamfähigkeit, Kommunikation sowie Kreativität stellen neben den technischen Fähigkeiten die wichtigsten Kernkompetenzen in der Mikroelektronik dar<sup>5</sup>. Denn die steigende Komplexität in der Mikroelektronikentwicklung erfordert die enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Teams wie Design und Fertigung sowie zwischen Fachdisziplinen. Auch komplexe Themen müssen Nicht-Expert:innen wie beispielsweise Anwender:innen verständlich dargestellt werden. Zur Erhöhung der Attraktivität und Sichtbarkeit sind Kommunikationskampagnen aber auch die Modernisierung von Studienfächern mit höherem Praxisbezug, z.B. grüne Mikroelektronik oder Mikroelektronik für KI, erforderlich.

Wenn sich Schüler:innen dann für einen Karriereweg in der Mikroelektronik entscheiden, fehlt vielen allerdings ein grundlegendes Technikverständnis, um die steigenden Anforderungen

<sup>1</sup> Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT)

<sup>2</sup> https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/1230730

<sup>3</sup> https://www.invent-a-chip.de

<sup>4</sup> https://www.elektroniknet.de/karriere/arbeitswelt/nicht-mal-die-mathe-cracks-koennen-was-mit-e-technik-anfangen.195724.html , https://dialog.vde.com/de/vde-dialog-ausgaben/2022-02-industrial-transformation/fachkraeftemangel, https://www.fbtei.de/index.php/news/76-imagestudie-et-zwischenergebnis

<sup>5</sup> europäischen Mikroelektronik-Bildungsinitiative "MicroElectronics Training, Industry and Skills" (METIS)



Abbildung 1: Der Fachkräftemangel lässt die Innovationspipeline leerlaufen

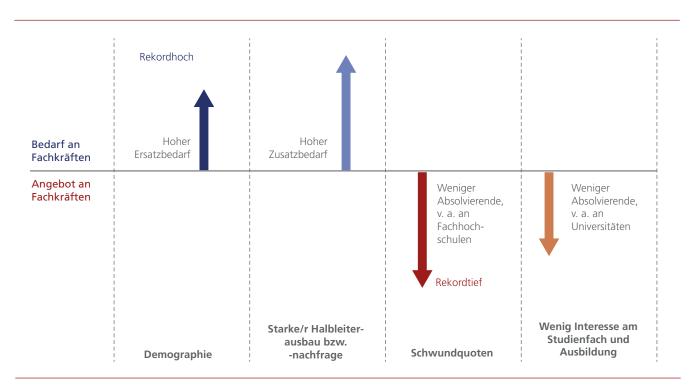


Abbildung 2: Ursachen für den Fachkräftemangel (eigene Darstellung nach VDE 2022; https://shop.vde.com/de/arbeitsmarkt-studie-2022, zuletzt geprüft am 28.06.2022)

in Ausbildung oder Studium zu meistern. Die Hochschulen und Ausbildungsstätten setzen zwar bereits zum Gegensteuern eine Reihe von qualitätssichernden Maßnahmen ein, dazu gehören z.B. Studien- bzw. Berufsberatung, Schnupperkurse und -praktika für Schüler:innen, Brückenkurse, ein geführter Studienbeginn, Mentorenprogramme oder Lehrveranstaltungsevaluationen und Weiterbildungsangebote in Didaktik. Doch es bedarf weiterer Anstrengungen und Maßnahmen.

# Impulse für mehr Fachkräfte: Konsequenzen für Studium, Aus- und Weiterbildung

Intelligente Halbleiterfabriken und Virtualisierung der gesamten Halbleiterwertschöpfungskette vom Material bis zur Baugruppe lassen die Anforderungen an Studium und Berufsausbildungen steigen. So werden dringend neue Studien- bzw. Berufsprofile mit höherer Digital-, Design- und Fertigungskompetenz wie Mikroelektronikdesigner:in, Ingenieur:in und Wartungstechniker:in für intelligente Mikroelektronikfertigung oder Ingenieur:in für neue Materialien der Mikroelektronik benötigt.<sup>6</sup>

Außerdem müssen das Gewinnen von Fachkräften und Ausbildungsqualität gemeinsam gedacht werden. Neuromorphe Hardware, vertrauenswürdige und nachhaltige Elektronik oder Advanced Packaging werden immer wichtiger, weil sie für mehr Energieeffizienz, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit in der Mikroelektronik sorgen. Diese Themen müssen sich also auch in Ausbildung und Studium von künftigen Fachkräften widerfinden – ebenso wie beispielsweise Mustererkennung mittels Künstlicher Intelligenz, Cybersicherheit oder digitale Modellabbildungen ganzer Mikroelektronik-Produktionslinien (sog. "digital twins").

Die zunehmende Technologiediversität in der Halbleiterentwicklung lässt vermuten, dass eine frühe Spezialisierung der Fachkräfte erforderlich ist. Aber dies ist ein Trugschluss: Gerade weil die Innovationszyklen immer kürzer und Themengebiete immer breiter werden, ist nicht mehr absehbar, wie technische Lösungen in den kommenden Jahren konkret aussehen werden, welche Anwendung das "Next Big Thing" wird und wie schnell die Innovation bis zur Marktreife geführt werden kann. Es wird deshalb eine breitere mikroelektronische Grundausbildung benötigt, damit sich Fachkräfte schnell und flexibel auf die sich ständig verändernden Anforderungen in der Mikroelektronik einstellen können. Dafür sind Lehrpläne erforderlich, die darauf ausgerichtet sind, sowohl praktische, projektbasierte und designorientierte als auch multidisziplinäre Forschungs- und Bildungserfahrungen der Studierenden zu fördern. Um hochtalentierte Fachkräfte heranzuziehen, bedarf es erstklassiger Aus- und Fortbildung von Lehrkräften in der Mikroelektronikausbildung. Künftige Entwicklungen für eine praxisnahe Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften umfassen beispielsweise "Train-the-Trainer"-Programme und forschungsbezogene oder fertigungsnahe Schulungsprogramme für Lehrende.

Um den Transfer von Wissen und Anforderungen aus der Industrie in die Hochschulen zu erleichtern, sind langfristige Kooperationsmodelle, duale Studiengänge mit gezielten Wahlfachinhalten oder E-Learning-Modelle denkbar. Insbesondere das duale Studium zwischen Fachhochschulen und Halbleiterunternehmen bietet Studierenden eine vertiefende Praxis. Immer häufiger wird auch das "Studium mit vertiefender Praxis" an Hochschulen in Kooperation mit Unternehmen angeboten. Dies verbindet die Vorteile eines Dualen Studiums mit denen eines regulären Hochschulstudiums. Zudem können sich die Mitarbeiter:innen der Unternehmen beispielsweise über ein berufsbegleitendes Studium oder Weiterbildungsangebote an der Hochschule fachlich weiterentwickeln. Weitere Maßnahmen für eine stärkere Verzahnung der Halbleiterindustrie mit der Hochschulausbildung beinhalten auch finanzielle Unterstützung seitens der Unternehmen. Beispielsweise sind der kostenfreie Zugang zu Shuttle-Runs für die Chipentwicklung und -fertigung, die Einrichtung von Stiftungsprofessuren, Anlagenspenden aber auch Sabbatical Programme für den zeitlich befristeten Austausch von Beschäftigten aus der Industrie in die Forschung und umgekehrt denkbar. Da der Fachkräftemangel nicht von heute auf morgen gelöst werden kann, ist die fachliche und digitale Fortbildung der Bestandsbelegschaft genauso wichtig, beispielsweise über ein berufsbegleitendes Studium oder arbeitsintegrierte Weiterbildungsangebote.

## Open-Source-Designwerkzeuge als Standard etablieren

Die Zugangshürden für die Entwicklung und Fertigung eines Halbleiterchips sind sehr hoch. Gerade im Bereich Design, wo der höchste Bedarf an Fachkräften in Europa existiert, sind die benötigten Lizenzen für EDA-Werkzeuge ("electronic design automation") und Simulationsprogramme extrem teuer. Selbst bei großen Halbleiterfirmen gibt es aus wirtschaftlichen Gründen nur wenige verfügbare Nutzungslizenzen für Chipdesign-Software. Zudem wird eigene Designkompetenz bei den Anwender:innenn – häufig Unternehmen ohne eigene Fertigung – vor allem in den drei großen deutschen Hauptmärkten Automotive, Medizintechnik und Industrie, immer wichtiger. Daher gibt es immer mehr Bestrebungen, die gesamte Halbleiterwertschöpfungskette nach dem Vorbild einer Open-Source-Software öffentlich zugänglich zu machen<sup>7</sup> und damit die Hardwareentwicklung zu demokratisieren. Das Studium der Mikroelektronik profitiert umfassend davon, da Halbleiterchips von Studierenden

<sup>6</sup> europäischen Mikroelektronik-Bildungsinitiative "MicroElectronics Training, Industry and Skills" (METIS)

<sup>7</sup> https://www.skywatertechnology.com/blog/how-to-design-with-a-free-skywater-pdk/, zuletzt geprüft am 28.06.2022

oder Promovierenden vollständig selbst entwickelt werden können. Dies erhöht einerseits die praktische Ausbildungsqualität und vereinfacht aber auch den Austausch und Zusammenarbeit mit anderen Forschergruppen. StartUp-Gründungen im Bereich Design-IP und Chipentwicklung werden durch den Wegfall der hohen Lizenzkosten einfacher. Um nicht nur mehr Chip-Designer:innen ausbilden zu können, sondern auch Chipinnovationen für prinzipiell alle zugänglich zu machen, sollten Open-Design-Werkzeuge und -Hardware als Standard in der Mikroelektronik(-ausbildung) etabliert werden.

#### Frauenanteil in Führungsebenen der Halbleiterindustrie und Hochschulen weiter erhöhen

Der Frauenanteil im Elektrotechnikstudium liegt bei ca. 20 Prozent und in der Elektrotechnikindustrie stagniert er bei nur ca. 10 Prozent<sup>8</sup>. Dabei können mehr Frauen in Führungspositionen den Kulturwandel auch in der Halbleiterindustrie und an den Hochschulen über ergänzende Sichtweisen, neue Impulse und Führungsstile in Forschungsgruppen, Lehralltag und industrielle Roadmaps beschleunigen – und Vorbild und Motivation für junge Frauen sein. Auf dem Weg dorthin werden weitere Unterstützungsprogramme benötigt. Diese sollten sich vor allem auf

begleitende Austausch- und Beratungsangebote, z.B. Mentoring und Vernetzung, sowie verbesserte Möglichkeiten zur Vereinbarung von Familie und Beruf, z.B. Doppelspitzen-Modell, von denen alle Fachkräfte profitieren können, fokussieren.

#### **Ausblick**

Die Umsetzung zentraler gesellschaftlicher Aufgaben wie die Digitalisierung oder die Energiewende sind ohne leistungsstarke und effiziente Halbleiterchips undenkbar. Für eine nachhaltige Digitalisierung und intelligente Produktion werden spezialisierte und energiesparende Mikroelektronik und Sensorik benötigt, um KI-gestützte Rechenmethoden, Kommunikationsnetze oder Roboter effizient und sicher zu betreiben. Um genügend Fachkräfte in diesen Bereichen binden zu können, müssen Aus- und Weiterbildung im Bereich Mikroelektronik sowohl qualitativ als auch quantitativ gelingen. Dies ist nur möglich, wenn Wissenschaft, Bildung und Industrie zusammenarbeiten, um Kompetenzbedarfe in moderne Lehrpläne in einer gemeinsamen "Mission: Chip" einfließen zu lassen.

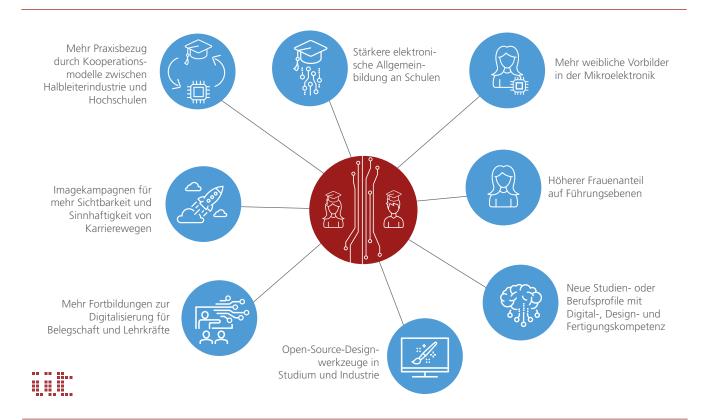


Abbildung 3: Maßnahmenkatalog gegen den Fachkräftemangel



Prof. Dr. Volker Wittpahl Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Steinplatz 1, 10623 Berlin

#### iit-kompakt Nr. 02

August 2022 Layout: VDI/VDE-IT

Bildnachweise: Gorodenkoff/AdobeStock (Titelbild) Tina Tauchnitz Tel: 0351 486797-24 E-Mail: Tina.Tauchnitz@vdivde-it.de

Roland Wuchrer Tel.: 0351 486797-25

E-Mail: Roland.Wuchrer@vdivde-it.de