



WEED

World Economy · Ecology · Development
Weltwirtschaft · Ökologie · Entwicklung

STUDIE

Chips Made in Europe: Eine kritische Analyse der europäischen Halbleiterstrategie

INHALT

1. Einleitung	3
2. Was sind Chips und wofür werden sie gebraucht?	4
3. Halbleiter-Wertschöpfungsketten: Konzentration, Arbeitsteilung und Abhängigkeiten	5
3.1 Historie der Halbleiterindustrie	5
3.2 Aktueller Zustand der Halbleiterindustrie: Wer kontrolliert welche Stufen der Wertschöpfungsketten?	6
3.3 Globale Abhängigkeiten und Risiken	10
4. Die ökologischen Kosten der Halbleiterfertigung	11
5. Der Chip-Krieg: Ein Blick auf den Konflikt zwischen den USA und China	14
6. Europas Strategie im globalen Halbleiterwettbewerb: Der European Chips Act	16
6.1 Schwachstellen des ECA	16
6.2 Neuausrichtung erforderlich: Strategische Empfehlungen	17
 Anmerkungen	 18
Literaturverzeichnis	19
Zusammenfassung	20
Impressum	20

Titelbild: iStockphoto.com/Kyraxys

Einleitung

Die weltweite Halbleiterindustrie ist ein zentraler Baustein der modernen Volkswirtschaft. Halbleiter, auch Chips genannt, sind unverzichtbare Bestandteile von Smartphones, Computern, Autos und unzähligen anderen Geräten, die unser tägliches Leben prägen. Ihre Herstellung erfordert hochkomplexe Fertigungsprozesse, die auf eine enge Zusammenarbeit Tausender spezialisierter Unternehmen entlang globaler Lieferketten angewiesen sind.

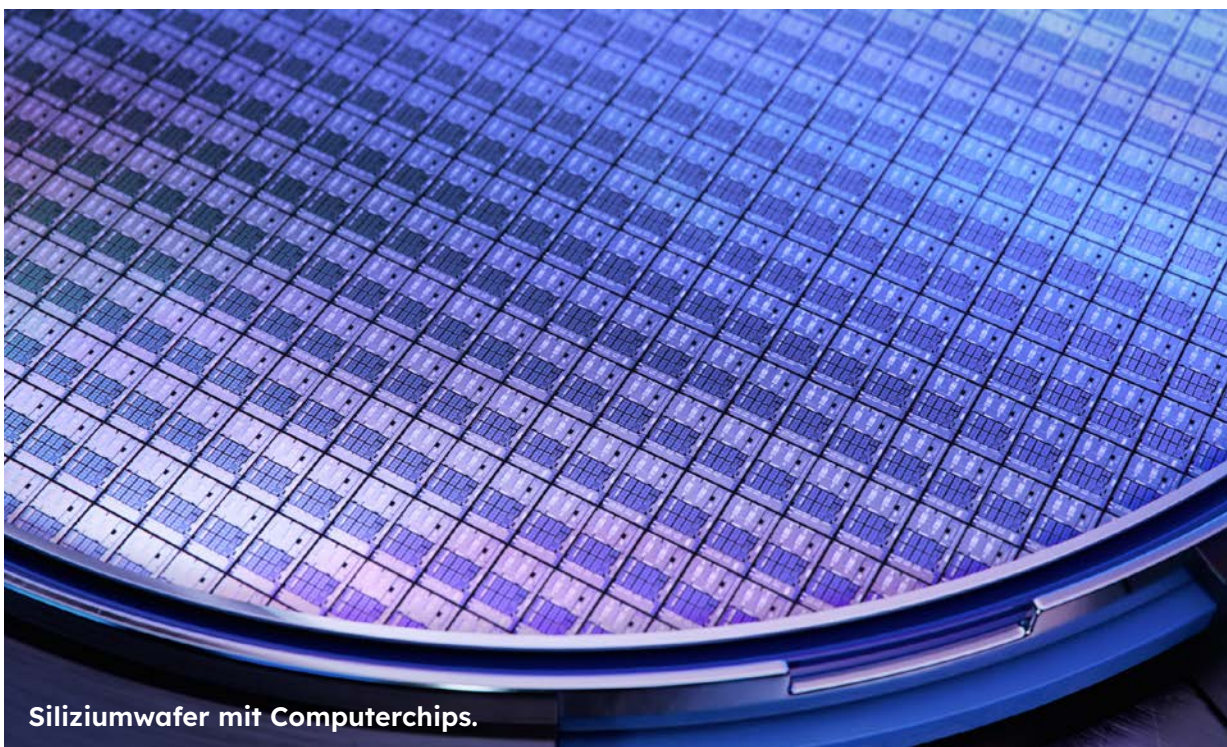
Die steigende Nachfrage, befeuert durch Megatrends wie Digitalisierung, Elektromobilität und künstliche Intelligenz, hat die strategische Relevanz dieser Industrie für die globale Wirtschaft weiter verstärkt. Prognosen der Europäischen Kommission erwarten bis 2030 eine Verdoppelung der Nachfrage.¹ In den letzten Jahren haben Lieferengpässe während der COVID-19-Pandemie die Verwundbarkeit der Halbleiter-Wertschöpfungsketten aufgezeigt.

Parallel dazu tobt ein Wirtschaftskrieg zwischen den USA und China um die Kontrolle über die Halbleitertechnologie. Beide Länder betrachten Halbleiter als strategisch entscheidend für ihre wirtschaftliche und militärische Dominanz. Die USA haben strenge Maßnahmen ergriffen, um Chinas Zugang zu fortschrittlicher Chiptechnologie zu beschränken. China wiederum investiert massiv in den Aufbau eigener Produktionskapazitäten, um seine Abhängigkeit von US-amerikanischen und taiwanischen Technologien zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund ergreift die Europäische Union (EU) verstärkt Maßnahmen, die zum Ziel haben, die Resilienz der Branche zu stärken und die Position der EU im Wirtschaftskrieg zu stärken. Mit dem im September 2023 verabschiedeten European Chips Act (ECA) strebt die EU an, ihren Anteil an der globalen Halbleiterproduktion massiv auszubauen.² Milliarden schwere Subventionen sollen in den Bau neuer Chipfabriken fließen. Gerechtfertigt werden diese Subventionen mit dem Argument der Versorgungssicherheit für die europäische Industrie und damit, dass sie den „grünen“ Wandel der EU fördern werden. Allerdings wird dabei häufig der erhebliche ökologische und soziale Fußabdruck der Halbleiterproduktion selbst übersehen. Die Halbleiterindustrie ist extrem ressourcenintensiv und verursacht damit erhebliche Umweltkosten.

Wie sinnvoll ist somit der aktuelle Fokus auf den Ausbau der Halbleiterproduktion der EU wirklich? Inwiefern leistet er einen Beitrag zur Versorgungssicherheit und zur Förderung des „grünen“ Wandels der EU?

Diese Studie setzt genau an diesen Fragestellungen an. Sie setzt sich kritisch mit der europäischen Halbleiterstrategie auseinander, analysiert die zentralen Schwachstellen und beleuchtet gezielte Maßnahmen zur Neuausrichtung der europäischen Halbleiterstrategie.



Siliziumwafer mit Computerchips.

Foto: iStockphoto.com/SweetBunFactory

2 Was sind Chips und wofür werden sie gebraucht?

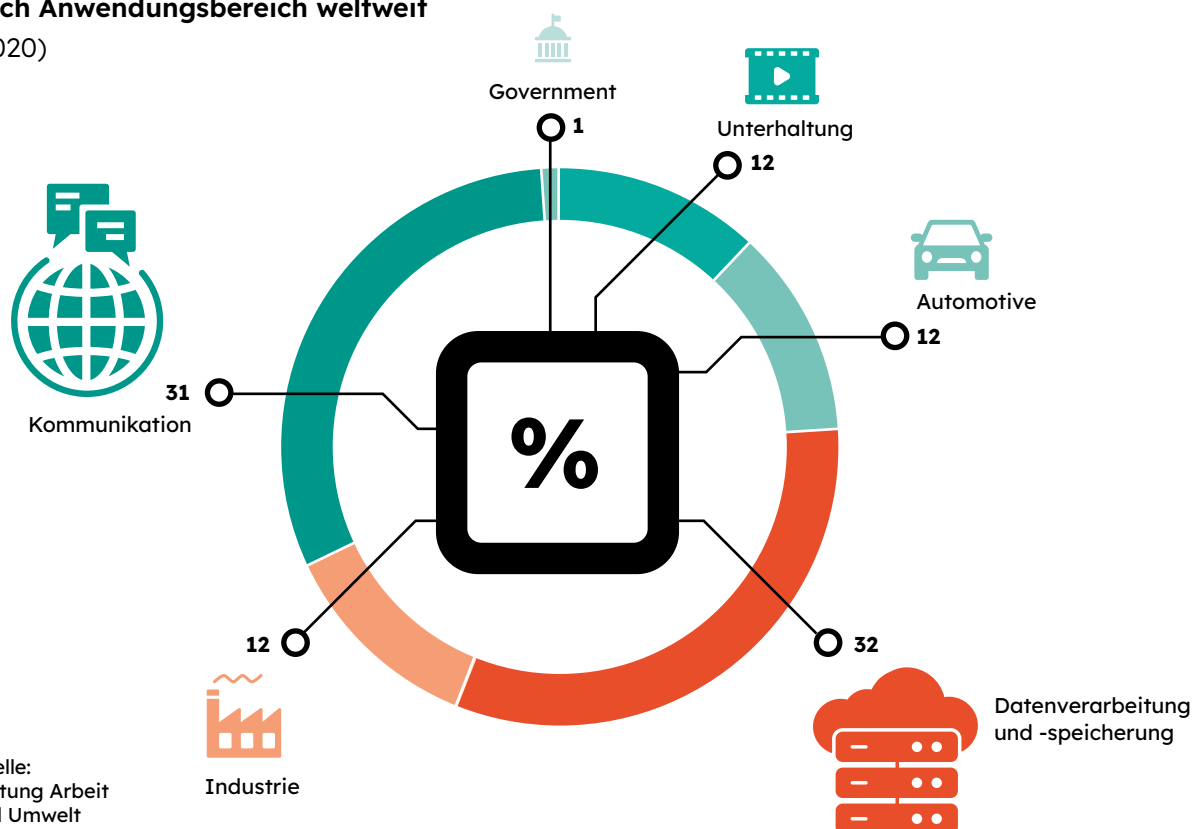
Halbleiter können unter bestimmten Bedingungen Strom leiten oder blockieren. Diese Fähigkeit macht sie zu essentiellen Bausteinen in einer Vielzahl von elektronischen Geräten und Systemen. Von Computerchips über Solarzellen bis hin zu LED-Lampen – die Anwendungsgebiete von Halbleitern sind vielfältig und reichen von der Informations- bis zur Energietechnologie. Die beiden größten Anwendungsbereiche von Halbleitern sind die Datenverarbeitung (32 %) und die Kommunikationstechnologie (31 %) (vgl. Abb. 1). Darüber hinaus nutzen die Unterhaltungselektronik, der Automobilsektor und die Industrie Halbleiter jeweils zu 12 % (vgl. Abb. 1). Die Folgenden sind die drei Hauptkategorien von Halbleitern:

1. Logikchips oder Mikroprozessoren für die Datenverarbeitung

2. Speicherchips zur Speicherung von Daten
3. diskrete, analoge und andere Chips für grundlegende elektronische Funktionen wie Schalten, Verstärken und Signalverarbeitung

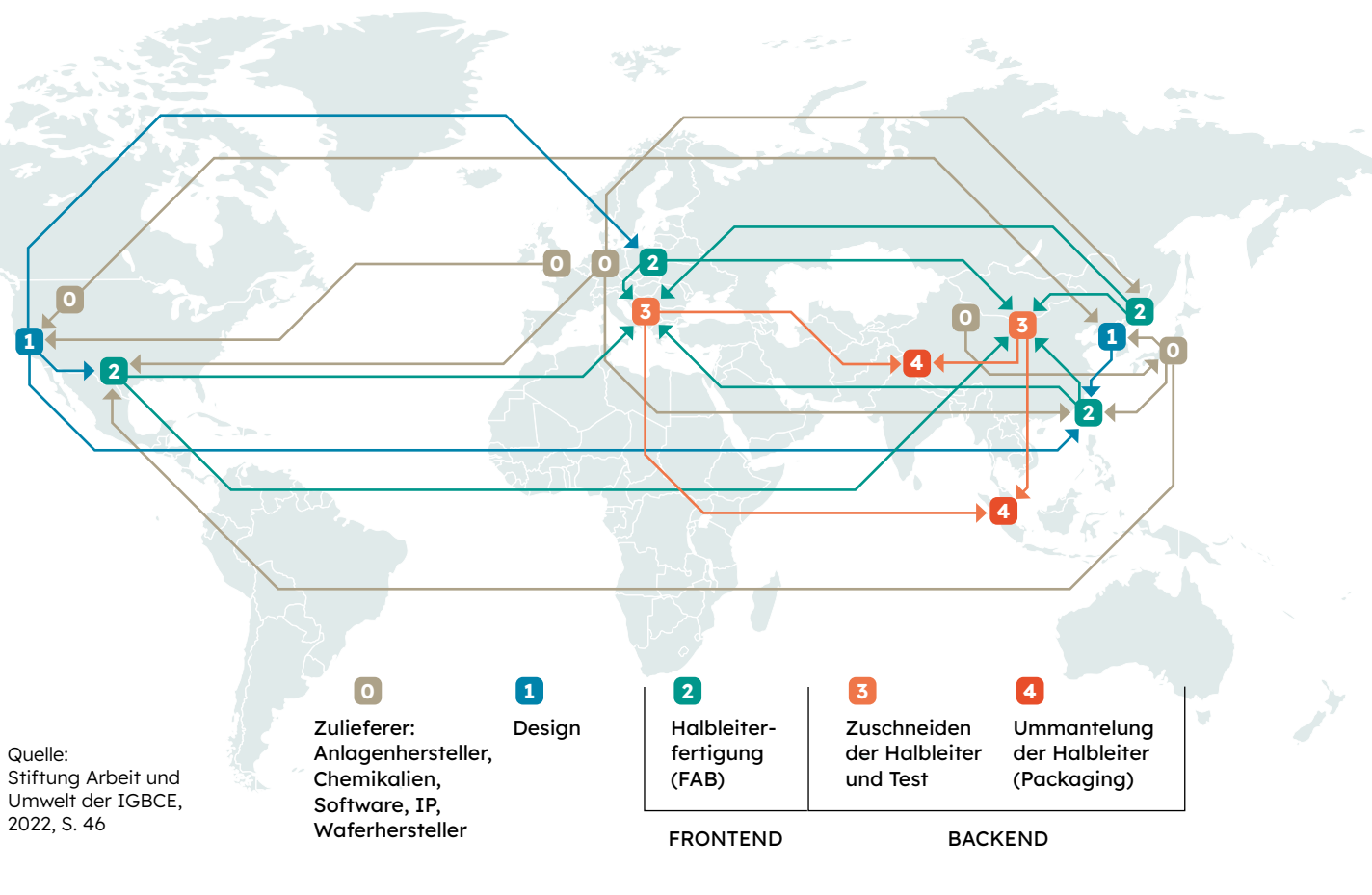
Insbesondere für Logikchips und Speicherchips hängt die Leistungsfähigkeit und Effizienz maßgeblich von ihrer Strukturgröße ab. Die Strukturgröße bezieht sich auf die Breite der kleinsten Strukturen auf einem Chip, typischerweise die Transistoren. Je kleiner die Struktur, desto leistungstärker und energieeffizienter der Chip. Derzeit gilt eine Strukturgröße von 3 Nanometern (nm) als modernste Technologie. Diese sogenannten *Cutting-edge* Chips sind essenziell für Anwendungen, die höchste Leistung und Effizienz erfordern, insbesondere in der Datenverarbeitung und Kommunikationstechnik.

ABBILDUNG 1:
**Anteil Marktsegmente für Halbleiter
nach Anwendungsbereich weltweit
(2020)**



Quelle:
Stiftung Arbeit
und Umwelt
der IGBCE,
2022, S. 18

ABBILDUNG 2: **Globales Halbleiter-Wertschöpfungsnetzwerk**



3. Halbleiter-Wertschöpfungsketten: Konzentration, Arbeitsteilung und Abhängigkeiten

Halbleiter-Wertschöpfungsketten zeichnen sich, wie in Abbildung 2 dargestellt, durch eine starke Arbeitsteilung und eine gleichzeitig hohe Marktkonzentration aus. Die zentralen Produktionsschritte – 1) Design, 2) *Frontend*- sowie 3) *Backend*-Fertigung – sind auf wenige Regionen und Unternehmen konzentriert. Heutzutage beschränkt sich die Produktion von Halbleitern im Wesentlichen auf die USA, China, Südkorea, Japan, Taiwan und die EU. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Fertigung mitsamt der nachgelagerten Schritte zunehmend aus den USA nach Ostasien verlagert. Heutzutage sind über 75 % der Fertigung in Ostasien angesiedelt. Diese starke Konzentration wird nun von verschiedenen Regierungen, einschließlich der EU, zunehmend als Risiko betrachtet. Doch wie

kam es zu dieser Verlagerung nach Asien? Welche Regionen und Unternehmen dominieren die verschiedenen Wertschöpfungsstufen? Und wie steht die EU im internationalen Vergleich da? Mit diesen Fragen beschäftigt sich das folgende Kapitel.

3.1 Historie der Halbleiterindustrie

Entwickelt wurden Halbleiter in den 1950er-Jahren im Silicon Valley in den USA. Ihre Entwicklung wurde maßgeblich von militärischen Interessen voran-

getrieben. So suchte die US-Luftwaffe nach Wegen, Raketen präziser zu lenken. Da große Computer nicht in Raketen eingebaut werden konnten, war es notwendig, elektronische Komponenten stark zu verkleinern, um die benötigte Rechenleistung in den begrenzten Raum eines Flugkörpers zu integrieren. Diese Bestrebungen zur Miniaturisierung führten zur Entwicklung der ersten Halbleiterchips, die in den 1960er Jahren auf den Markt kamen. Anfangs waren diese Chips so teuer, dass nur das Militär sich deren Anschaffung leisten konnte. Um neue Märkte zu erschließen, begannen Chiphersteller nach zivilen Anwendungen für ihre Produkte zu suchen. Schon bald wurden Halbleiter zu essenziellen Bestandteilen von zahlreichen elektronischen Geräten wie Waschmaschinen, Computern und Taschenrechnern. In dieser Phase war die Halbleiterindustrie überwiegend in den USA angesiedelt und von Unternehmen bestimmt, die die komplette Halbleiterherstellung vom Entwurf bis hin zur Fertigung und Montage im eigenen Betrieb abdeckten. Diese Unternehmen werden als integrierte Halbleiterhersteller oder „Integrated Device Manufacturers“ (IDM) bezeichnet.

Mit dem Trend zur Miniaturisierung stiegen die Kosten für die Entwicklung und Produktion von Chips erheblich an. Um Kosten zu sparen, begannen US-amerikanische Chiphersteller zunächst die arbeitsintensiven Produktionsschritte, die *Backend*-Fertigung, nach Ostasien zu verlagern. Im Jahr 1968 eröffnete Texas Instruments seine erste Chip-Produktionsstätte in Taiwan. Zunächst waren es die niedrigeren Lohnkosten, die diese Verlagerung der Produktion vorantrieben: Stundenlöhne für Fabrikarbeiter in Taiwan lagen damals zwischen 19 und 25 Cent, im Gegensatz zu 2,50 Dollar in den USA.³ Später war es die gezielte Industriepolitik Japans und Taiwans. Durch erhebliche steuerliche Anreize und Subventionen schafften es diese Länder, ihre Halbleiterindustrie von einfachen Montagearbeiten hin zu technologisch anspruchsvollen Produktionsprozessen auszubauen. Fortan verlagerte sich die Fertigung zunehmend nach Asien.

Ein bedeutender Wendepunkt war die Einführung des sogenannten Foundry-Modells durch die Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) im Jahr 1987. TSMC wurde mit Unterstützung der taiwanischen Regierung gegründet und war das erste Unternehmen, welches sich ausschließlich auf die Produktion von Chips spezialisierte, ohne selbst Chipdesigns zu entwickeln. Stattdessen fertigte TSMC Chips ausschließlich im Auftrag anderer Unternehmen. Das Foundry-Modell erwies sich als äußerst profitabel. Indem Chipdesigner ihre Produktion auslagerten, konnten sie sich von den hohen Investitionen und Fixkosten für eigene Fabriken entlasten. Und die reinen Auftragsfertiger wie TSMC konnten sich auf die Optimierung ihrer Fertigungsprozesse konzentrieren, ohne die hohen Ausgaben für das Chipdesign tragen zu müssen. TSMC entwickelte sich rasch zum weltweit

führenden Auftragsfertiger für Halbleiter. Heute ist das Unternehmen ein zentraler Akteur für die Produktion fortschrittlichster Chips mit kleiner Strukturgröße.

Das Foundry-Modell führte zu einer Konsolidierung der Halbleiterbranche. In der Folge entwickelten sich Unternehmen, die sich ausschließlich auf das Chipdesign konzentrieren, sogenannte *fabless*-Unternehmen. Andere wiederum, wie TSMC, betreiben sogenannte *Fabs* oder *Foundries*, also die Fabriken, in denen die Chips produziert werden. Weitere Unternehmen, die sogenannten *Outsourced Semiconductor Assembly and Test Vendors* haben sich ausschließlich auf das Zuschneiden, Testen und Verpacken der Chips spezialisiert. Heutzutage gibt es nur noch wenige IDMs, die die gesamte Produktion von Halbleitern eigenständig durchführen.

3.2 Aktueller Zustand der Halbleiterindustrie: Wer kontrolliert welche Stufen der Wertschöpfungsketten?

Halbleiter haben sich zu einer grundlegenden Technologie für Industriegesellschaften entwickelt. Gleichzeitig erfordert die Produktion von Halbleitern enorme Kapitalinvestitionen, die nur wenige aufbringen können. Dies hat zur Folge, dass die Halbleiterindustrie auf eine kleine Zahl von Unternehmen und Regionen konzentriert ist. Diese dominieren unterschiedliche Segmente der Wertschöpfungskette und nutzen diese strategische Stellung zunehmend als geopolitisches Druckmittel. Der erste Schritt, das Chipdesign, wird mit 51 % überwiegend von US-amerikanischen Unternehmen wie NVIDIA und Qualcomm dominiert (vgl. Abb. 3). In dieser Phase werden die elektronischen Schaltungen, die Schaltkreise für Chips entworfen. Sie legen die Funktion und Leistungsfähigkeit eines Chips fest. Das Chipdesign ist der profitträchtigste Schritt.

Im Gegensatz zum Chipdesign ist der Großteil der Fertigung in Ostasien angesiedelt. Die Fertigung von Halbleitern erfolgt in zwei Hauptphasen: die *Frontend*- und *Backend*-Fertigung. Der Grundbaustein für die *Frontend*-Fertigung sind sogenannte *Wafer*, dünne Scheiben aus Rohstoffen wie Silizium, Germanium oder Galliumarsenid. Die meisten *Wafer* (95 %) bestehen aus Silizium, welches aus Sand gewonnen wird.⁴ In der *Frontend*-Fertigung wird das im Chipdesign entworfene Schaltkreismuster mithilfe des sogenannten Lithographie-Verfahrens auf den *Wafer* übertragen. Bei diesem Verfahren wird Licht durch eine Maske geleitet, die das gewünschte Schaltkreis-

muster abbildet, und auf den *Wafer* projiziert. Das Endprodukt der *Frontend*-Fertigung ist ein *Wafer*, auf dem sich hunderte oder sogar tausende identische Chips befinden.

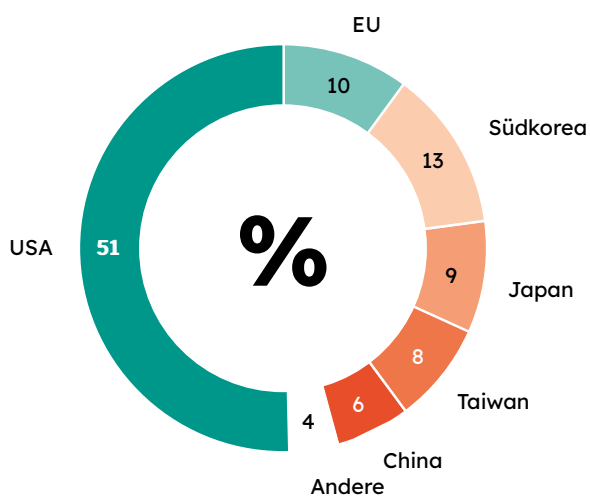
Wie Abb. 4 zeigt, gehören China mit einem Gesamtanteil von 24 % und Taiwan mit 18 % zu den bedeutendsten Ländern für die Halbleiterfertigung. Im Vergleich dazu entfallen auf Südkorea und Japan heute etwa 17 % der weltweiten Chipfertigung, 10 % auf die USA und 8 % auf die EU.

Die *Frontend*-Fertigung ist technologisch anspruchsvoll, hochspezialisiert und kapitalintensiv. Gleichzeitig ist die *Frontend*-Fertigung auch der ressourcenintensivste Produktionsschritt und damit der Schritt mit den stärksten Umwelt- und Klimaauswirkungen – ein Aspekt, der in Kapitel 4 genauer betrachtet wird. Nur noch wenige Unternehmen verfügen über die Expertise und finanziellen Mittel, um Chips der neuesten Generation herzustellen. So kann der Bau einer einzelnen Anlage für hochmoderne Chips zwischen zehn und 20 Mrd. Euro kosten. Zudem bedarf die Fertigung von Chips zahlreicher spezialisierter Inputs, bspw. hochreine Chemikalien oder präzise gefertigte Silizium-*Wafer*. Aufgrund der hohen Kapitalintensität und der technologischen Komplexität ist dieser Schritt am stärksten konzentriert, insbesondere für die Herstellung fortschrittlichster Chips mit kleiner Strukturgröße. In diesem Segment haben sich zwei Firmen als klare Marktführer etabliert: TSMC und Samsung. Der taiwanische Halbleiterriese TSMC lie-

fert mittlerweile etwa 92 % der weltweit produzierten fortschrittlichsten Logikchips.⁵ Der Rest stammt von Samsung. Im Segment der Speicherchips dagegen dominiert Samsung mit einem Marktanteil von rund 40 %.⁶ Diese starke Konzentrierung birgt erhebliche Risiken für die globalen Lieferketten. Sollten Hersteller wie TSMC oder Samsung mit Produktionsproblemen konfrontiert werden, könnte dies die Versorgung mit modernsten Chips erheblich einschränken. Zudem ermöglicht es diese Konzentration Halbleiter als geopolitisches Druckmittel einzusetzen – ein Aspekt, den wir in Kapitel 5 eingehender betrachten werden.

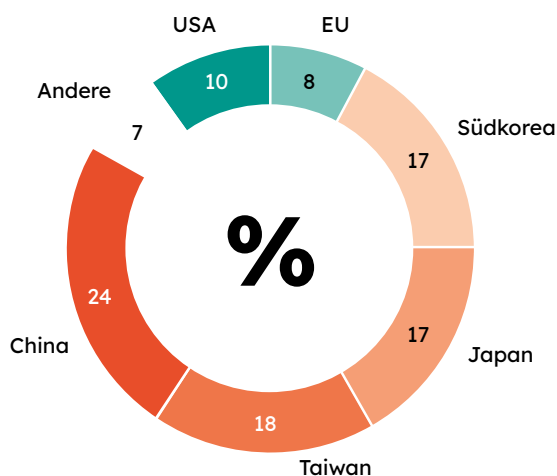
Die EU hat einen globalen Marktanteil von lediglich etwa 8 % in der Chipfertigung (vgl. Abb. 4). Zudem zeigt Abbildung 5, dass innerhalb der EU kaum Chips mit einer Strukturgröße von weniger als 20 nm produziert werden. Die Stärke der europäischen Halbleiterindustrie liegt dagegen primär im Bereich der Leistungshalbleiter, also analoger Chips mit größeren Strukturgrößen. In diesem Segment haben sich europäische Unternehmen wie Infineon, STMicroelectronics und NXP als globale Marktführer etabliert. Obwohl sich der Fokus der EU-Kommission derzeit hauptsächlich auf Mikrochips mit sehr kleinen Strukturgrößen richtet, sind Leistungshalbleiter keineswegs unbedeutend. Im Gegenteil, sie spielen eine zentrale Rolle für viele in der EU ansässige Industrien. Der größte Abnehmer für Chips innerhalb der EU ist die Automobilindustrie: In einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor sind etwa 900 Chips verbaut,

ABBILDUNG 3:
Halbleiter-Umsätze im Fabless-Bereich nach Regionen in Prozent (2022)



Quelle: Varadarajan et al., 2024, S. 11

ABBILDUNG 4:
Frontend-Fertigungsskapazitäten nach Regionen in Prozent (2022)



Quelle: Varadarajan et al., 2024, S. 11

wovon zwei Drittel Leistungshalbleiter sind.⁷ Andere wichtige Abnehmer sind der Maschinenbau oder die Luftfahrtindustrie. Leistungshalbleiter sind auch wichtige Bestandteile für die Energiewende, da sie das Einspeisen von Solar- und Windenergie in das Stromnetzwerk ermöglichen.

Nach der Herstellung der integrierten Schaltkreise auf dem *Wafer* erfolgt die *Backend-Fertigung*. In dieser Phase werden die einzelnen Chips aus dem *Wafer* geschnitten, in Gehäuse eingebaut und elektrisch kontaktiert. Anschließend werden die Chips getestet. Die *Backend-Fertigung* ist weniger kapitalintensiv, dafür aber wesentlich arbeitsintensiver und damit stärker von Lohnkosten beeinflusst. Aus diesem Grund wurde die *Backend-Fertigung* in den 1960er Jahren größtenteils nach Ostasien verlagert und dort ausgebaut. Wie Abbildung 6 zeigt, konzentriert sich die *Backend-Fertigung* heute vor allem auf Länder mit niedrigeren Löhnen und ist der Produktionsschritt, der weltweit am breitesten verteilt ist. Neben den Hauptstandorten Taiwan und China, die fast 60 % der globalen Kapazitäten ausmachen, spielen auch Länder wie Malaysia (7 %) und die Philippinen (6 %) eine Rolle. Auf die EU hingegen entfallen weniger als 5 % der *Backend-Fertigungskapazitäten*.

Mithilfe der Lithographie werden die Schaltkreismuster auf die Siliziumwafer übertragen.

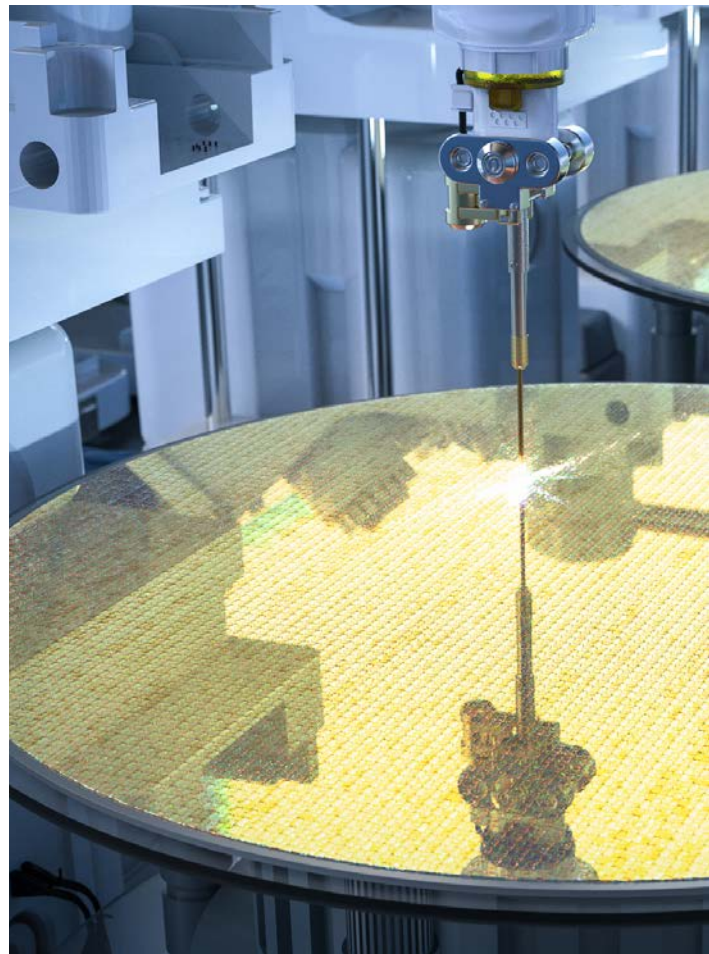
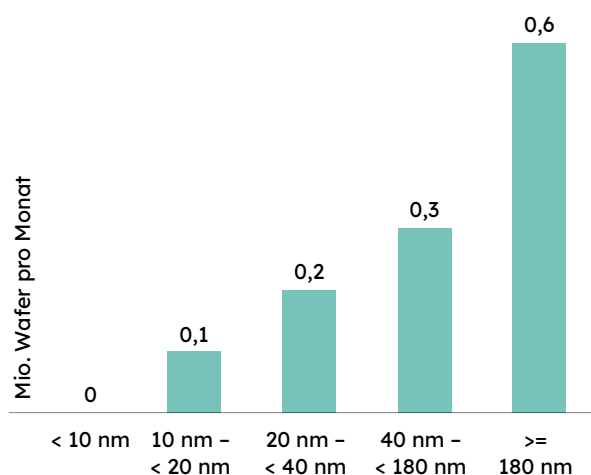
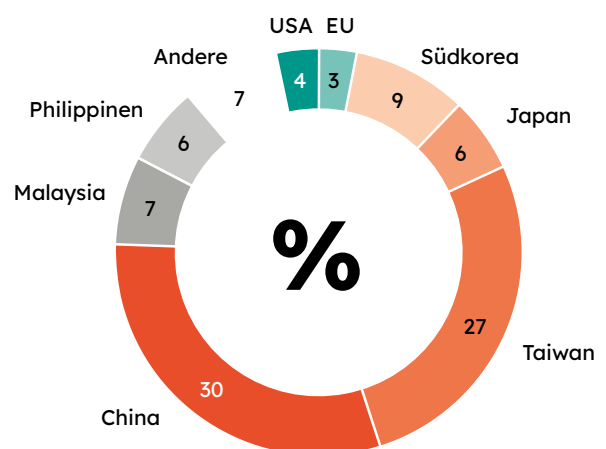


ABBILDUNG 5:
Halbleiter-Produktionskapazität der EU nach Fertigungsverfahren (2020)



Quelle: Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE, 2022, S. 27

ABBILDUNG 6:
Backend-Fertigungskapazitäten nach Regionen in Prozent (2022)



Quelle: Varadarajan et al., 2024, S.21

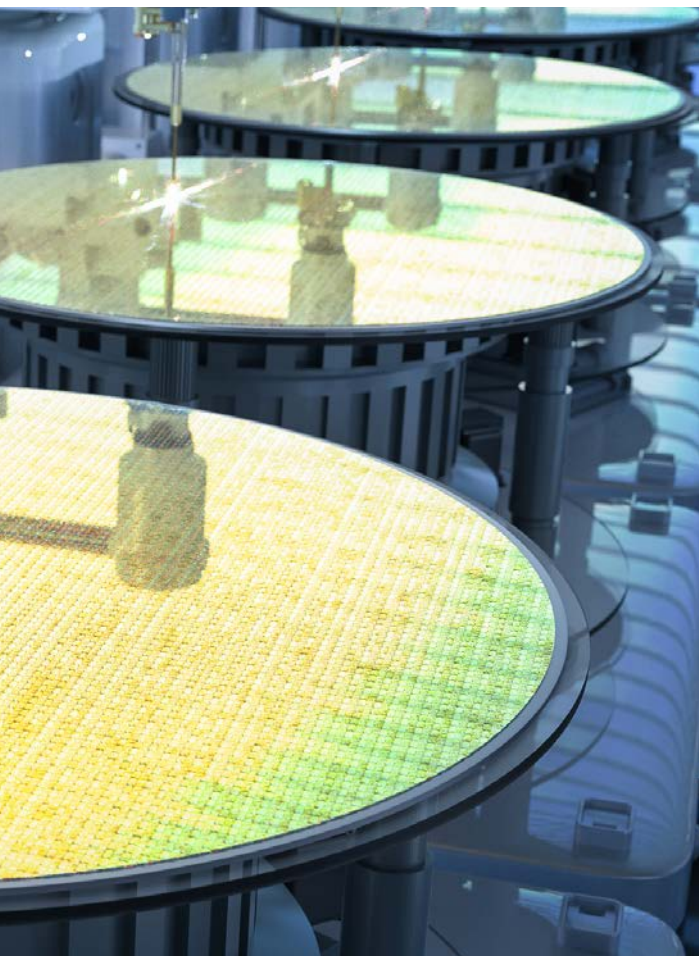


Foto: iStockphoto.com/PhonlanaPhoto

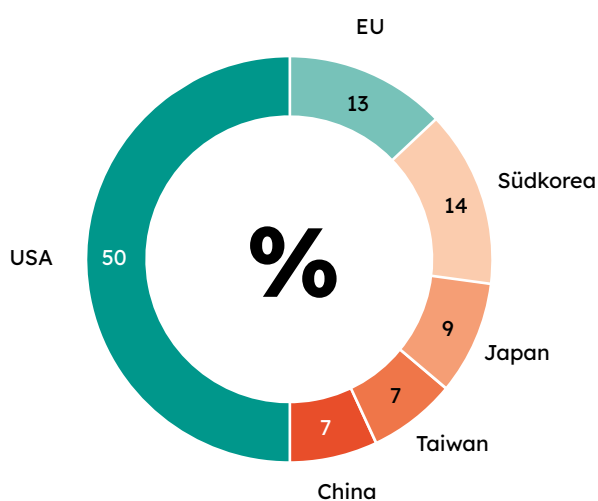
Häufig übersehen, jedoch essenziell für die Produktion von Halbleitern, ist die Halbleiter-Zulieferkette. Mittlerweile ist jeder Produktionsschritt – vom Design bis zur Fertigung und Endmontage – von einer Vielzahl spezialisierter Zulieferer abhängig. Bereits der Entwurf eines Chips erfordert spezielle Software. Ähnlich wie beim Chipdesign dominieren hier insbesondere US-amerikanische Firmen den Markt.⁸ Damit haben die USA vor allem am Beginn der Wertschöpfungsketten eine erhebliche Vormachtstellung, die sie auch im geopolitischen Wettbewerb mit China um die Vorherrschaft in der Halbleitertechnologie als strategisches Machtinstrument nutzen (s. Kapitel 5). Auch im Bereich der Forschung und Entwicklung (FuE), der Grundlage für das Chipdesign, sind vor allem die USA führend.⁹ Aber auch die EU ist in diesem Bereich stark aufgestellt.¹⁰ Eine Schlüsselrolle nimmt das belgische Forschungsinstitut IMEC ein, das an der Erforschung von Fertigungsprozessen für fortschrittlichste Chips mit kleinen Strukturgrößen beteiligt ist. Dafür arbeitet IMEC mit Herstellern wie TSMC, Intel und Samsung zusammen.

Die Chipfertigung dagegen ist auf spezielle Maschinen, Chemikalien und Gase angewiesen. Auch hier existieren für viele dieser Inputs weltweit nur wenige, in manchen Fällen sogar nur ein einziger Produzent. Ein Beispiel dafür ist das niederländische Unternehmen ASML. Es ist der weltweit einzige Hersteller von EUV-Lithographieanlagen, die für die Produktion fortschrittlichster Chips benötigt werden. Diese Anlagen nutzen „extrem ultraviolettes Licht“ (EUV), um besonders kleine Strukturen auf Wafern zu erzeugen – etwas, das mit herkömmlichen Verfahren nicht möglich ist. Folglich gilt: Ohne die EUV-Lithographieanlagen von ASML lassen sich derzeit keine fortschrittlichen Mikrochips produzieren. Damit hat das Unternehmen eine erhebliche Marktmacht und spielt im Wettstreit um die Vorherrschaft zwischen den USA und China eine zentrale Rolle.

Aber selbst ASML ist von einem komplexen Zuliefer-Netzwerk abhängig, das etwa 5.000 weitere Zulieferer in Europa, den USA und Asien umfasst.¹¹ Die deutschen Unternehmen Zeiss und Trumpf spielen hier eine wichtige Rolle: Zeiss liefert die Spiegel für die EUV-Lithographiesysteme, Trumpf die Hochleistungslaser. Damit spielt die EU in der Produktion von Ausrüstung für die Halbleiterfertigung eine zentrale Rolle.

Auch spezielle Chemikalien sind in der Chipfertigung von großer Bedeutung. Sie werden für das Ätzen, die Bearbeitung und Reinigung der Chips genutzt. Die Hauptlieferanten dieser Chemikalien kommen aus Japan, aber auch europäische Unternehmen wie BASF, Linde und Merck KGaA sind hier wichtige Zulieferer. Die Produktion von Silizium-Wafern, der Grundlage für die Fertigung von Halbleitern, wird von wenigen Unternehmen dominiert, darunter Shin-Etsu und Sumco in Japan, GlobalWafers aus Taiwan und Siltronic aus Deutschland.

ABBILDUNG 7:
Verteilung der weltweiten Umsätze der Halbleiterindustrie nach Region in Prozent (2023)



Quelle: SIA, 2024, S. 3

In der *Backend-Fertigung* werden die Chips zunächst aus den Wafern extrahiert, um dann getestet und montiert zu werden.



Monopolstellungen. Gleichzeitig sind diese Unternehmen auf eine Vielzahl spezialisierter Zulieferer angewiesen. Im internationalen Vergleich spielt die EU entlang der Hauptproduktionskette von Halbleitern eine eher untergeordnete Rolle. Es fehlen sowohl Kapazitäten im Chipdesign, als auch in der *Backend-Fertigung*. Außerdem gibt es keine europäischen Produktionsstätten für fortschrittlichste Chips. Allerdings ist

Europa in anderen Segmenten stark aufgestellt: So sind europäische Unternehmen weltweit führend in der Herstellung von Leistungshalbleitern und in der Produktion von Ausrüstungen und Chemikalien für die Halbleiterfertigung.

Auch bei der Betrachtung der Verteilung der Halbleiterumsätze wird eine starke Konzentrierung und damit eine erhebliche Ungleichverteilung deutlich: Die USA generieren rund die Hälfte der weltweiten Halbleiterumsätze und halten damit bei weitem den größten Anteil (vgl. Abb. 7). Dies liegt vor allem an ihrer dominierenden Stellung im Chipdesign und als Zulieferer. Südkorea folgt mit einem Umsatzanteil von 13,8 %. Trotz begrenzter Kapazitäten in der *Frontend-* und *Backend-Fertigung* hält die EU mit 12,7 % den drittgrößten Anteil am Umsatz. Taiwan wiederum hat trotz seiner zentralen Rolle in der Fertigung modernster Chips mit 7 % einen vergleichsweise geringen Anteil.

Seit der Entwicklung der Halbleitertechnologie durchlief die Wertschöpfungskette eine starke Arbeitsteilung. Der Trend zur Miniaturisierung führte zu stetig steigenden Produktionskosten. Um diese zu senken, wurde bereits früh begonnen, arbeitsintensive Produktionsschritte nach Asien auszulagern. Länder wie Taiwan, Japan und China förderten durch gezielte Industriepolitik die Ansiedlung von Produktionskapazitäten, wodurch sich Asien als Zentrum der Halbleiterfertigung etabliert hat. Die Verlagerung der Produktion ermöglichte westlichen Volkswirtschaften einen günstigen Zugang zu Halbleitern. Gleichzeitig blieben die besonders profitablen Bereiche, wie das Chipdesign und die Produktion von Ausrüstungen und Inputs, weiterhin hauptsächlich in den USA und der EU angesiedelt.

Die Analyse der Daten zeigt, dass die globalen Wertschöpfungsketten der Halbleiterindustrie heute von einer hohen Marktkonzentration und starken wechselseitigen Abhängigkeiten geprägt sind. Einzelne Unternehmen wie TSMC im Bereich fortschrittlichster Logikchips, oder ASML mit ihren EUV-Lithographieanlagen, halten nahezu

3.3 Globale Abhängigkeiten und Risiken

Die starke Konzentrierung der Halbleiterproduktion sowie die hohen wechselseitigen Abhängigkeiten haben die globale Versorgung äußerst anfällig für Störungen gemacht.

Vor allem die Nähe der Produktionsstätten von TSMC zu China wird von westlichen Ländern zunehmend als Sicherheitsrisiko wahrgenommen.¹² Neben den geopolitischen Spannungen ist die Konzentration in Taiwan auch wegen der Anfälligkeit der Insel für Naturkatastrophen wie Taifune problematisch. Erdbeben und andere Naturereignisse führen immer wieder zu Produktionsausfällen, was die Verwundbarkeit der Lieferkette weiter erhöht.

Die Abhängigkeiten in den Halbleiter-Wertschöpfungsketten werden international zunehmend für strategische Interessen und als politisches Druckmittel instrumentalisiert. Dies zeigt sich besonders deutlich in dem Wirtschaftskrieg zwischen den USA und China. Die EU versucht, sich in diesem Spannungsfeld zu positionieren, wobei der ECA einen zentralen Teil der europäischen Bemühungen darstellt (s. Kapitel 6).

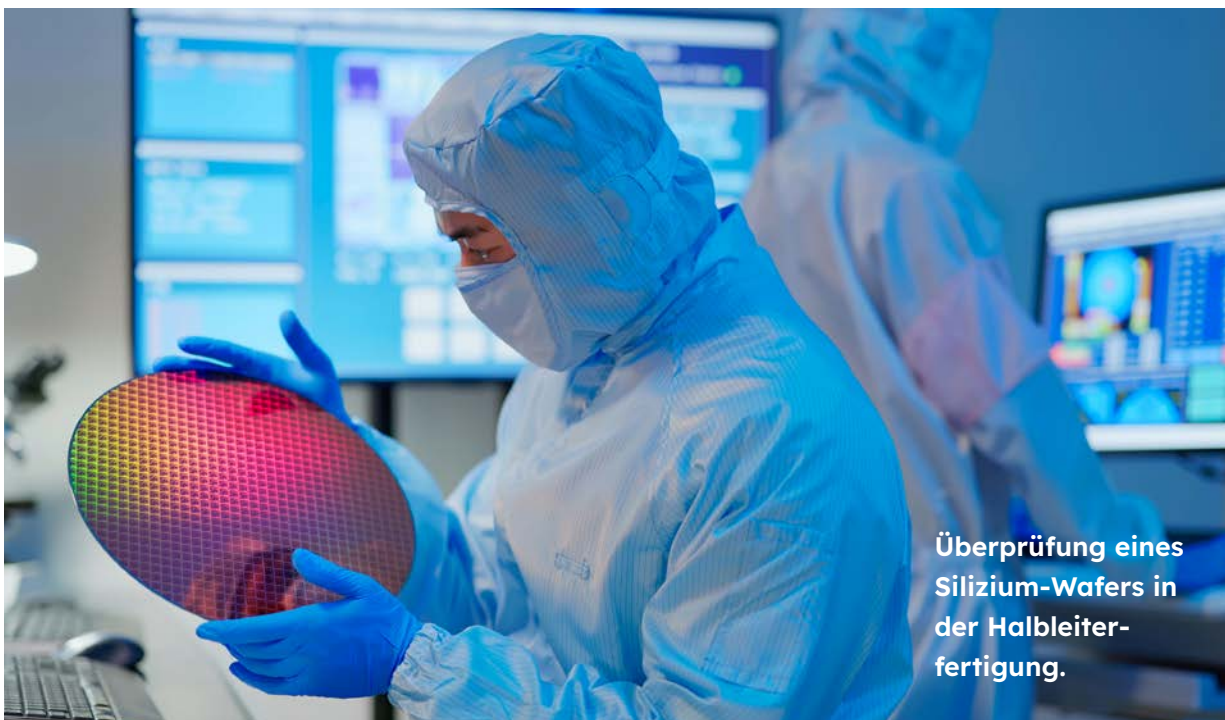
4 Die ökologischen Kosten der Halbleiterfertigung

Halbleiter sind elementare Bestandteile emissions-sparender und erneuerbarer Technologien. So tragen sie zu Energieeinsparungen bei, indem sie die Effizienz von Rechenzentren verbessern. Gleichzeitig spielen Halbleiter eine wichtige Rolle in der nachhaltigen Energieerzeugung. Sie ermöglichen die effiziente Nutzung, Umwandlung, Übertragung und Speicherung erneuerbarer Energie als Elektrizität und deren Einspeisung ins Stromnetz. Leistungshalbleiter sind dabei entscheidend, da sie den produzierten Strom an die Netzspannung des öffentlichen Stromnetzes anpassen. Laut aktuellen Schätzungen des Elektroindustrieverbandes ZVEI wird bei einer prognostizierten jährlichen Steigerung des globalen Wachstums von Wind- und Sonnenenergie um 10 % ein zusätzlicher Bedarf an Leistungshalbleitern von etwa 240 % bis zum Jahr 2030 erwartet.¹³

In Elektrofahrzeugen sind Halbleiter wichtig für die Leistungselektronik, Batteriemanagement-Systeme und Antriebssteuerung. Im Durchschnitt verfügen Elektroautos über etwa 2.000 Chips, ungefähr doppelt so viele wie in einem Pkw mit Verbrennungsmotor.¹⁴ Diese Entwicklung hat die Elektromobilität zu einem bedeutenden Wachstumssektor für die Halbleiterindustrie gemacht. Ein Großteil dieser Chips sind Leis-

tungshalbleiter. ZVEI prognostiziert, dass allein durch die Elektromobilität der Bedarf an Leistungshalbleitern bis 2030 um 400 % steigen wird.¹⁵

Inmitten der wachsenden Nachfrage und der Bestrebungen zahlreicher Regierungen, einschließlich der EU, den Ausbau der Halbleiterproduktion voranzutreiben, gibt es einen entscheidenden, jedoch häufig übersehenen Aspekt: ihren ökologischen Fußabdruck. Hier zeigt sich ein klarer Widerspruch: Einerseits sind Halbleiter von entscheidender Bedeutung für die Reduzierung von Emissionen und die Förderung klimafreundlicher Technologien, andererseits verursacht ihre Herstellung durch ihren intensiven Ressourcenverbrauch erhebliche Umweltkosten. So erfordert die Chipfertigung große Mengen an Energie, Wasser und verschiedenen Rohstoffen. Bislang sind die tatsächlichen Umweltkosten der Halbleiterproduktion nur unzureichend erforscht. Julia Hess von der Stiftung *interface* hat im Juni 2024 eine der ersten Studien veröffentlicht, die sich umfassend mit den ökologischen Auswirkungen der Halbleiterfertigung beschäftigt.¹⁶ Hess konzentriert sich dabei auf die *Frontend*-Fertigung, den ressourcenintensiven Produktionsschritt, worauf sich auch dieses Kapitel bezieht.



Überprüfung eines Silizium-Wafers in der Halbleiterfertigung.

Foto: iStockphoto.com/PonyWang

Die Halbleiterindustrie ist ein wahrer Energiefresser. Ein wesentlicher Faktor für den hohen Energieverbrauch sind die speziellen Produktionsbedingungen. So findet die Fertigung in Reinräumen statt, die sauberer und partikelarmer sind als die sterilsten Operationssäle. Alleine die Luftfilterung, Heizung und Klimatisierung dieser Räume verschlingt enorme Energiemengen. Auch die Herstellung von hochreinem Silizium, das Ausgangsmaterial für die *Wafer* auf denen die Chips entstehen, ist äußerst energieintensiv (s. unten). Aktuelle Schätzungen zufolge ist die Halbleiterindustrie direkt für 0,3 % der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich.¹⁷ Berücksichtigt man die vor- und nachgelagerten Produktionsprozesse, steigt dieser Anteil auf 1,3 %.¹⁸

Der Herstellungsprozess erfordert große Mengen an Wasser. Halbleiterfabriken können täglich bis zu 38 Mio. Liter Wasser verbrauchen. Das entspricht dem täglichen Wasserbedarf von etwa 300.000 Menschen in Deutschland.¹⁹ Zudem kommen eine Vielzahl von Chemikalien und Schwermetallen zum Einsatz, was bedeutet, dass das Abwasser aus diesen Fabriken eine Reihe schädlicher Verunreinigungen enthält.²⁰ Besonders in wasserarmen Regionen führt dieser hohe Wasserbedarf zu erheblichen Spannungen. So mussten Landwirte in Taiwan während der schweren Dürre im Jahr 2021 auf Bewässerung verzichten, damit die Chipfabriken von TSMC ihre Produktion fortführen konnten.²¹ In Südkorea äußern sich die ökologischen Folgen des hohen Wasserverbrauchs in Form von thermischer Verschmutzung. Wenn die Halbleiterfabriken von Samsung ihr erwärmtes Abwasser in die Flüsse leiten, steigt die Wassertemperatur, was das Wachstum von Grünalgen begünstigt.²² Lokale Landwirte

und Fischer befürchten, dass ihre Erzeugnisse durch die Abwässer verunreinigt werden könnten.²³

Die Halbleiterindustrie verwendet eine Vielzahl verschiedener Rohstoffe. Silizium bildet mit über 95 % das Grundmaterial für die meisten *Wafer*.²⁴ Silizium wird primär aus Quarzsand gewonnen, der hauptsächlich aus Siliziumdioxid besteht und zu den zweithäufigsten Mineralien in der Erdkruste zählt. Trotz der zentralen Bedeutung von Silizium für die Halbleiterfertigung sind die genauen Umweltauswirkungen des Siliziumabbaus derzeit wenig erforscht. Dies ist problematisch, insbesondere angesichts der Tatsache, dass die Nachfrage nach Halbleitern und damit der Bedarf an Silizium weiter steigen wird.

Für die Halbleiterfertigung wird hochreines Silizium benötigt. Die Verarbeitung des Quarzsandes zu diesem hochreinen Silizium ist äußerst energieintensiv. Zunächst muss der Quarzsand in Lichtbogenöfen bei Temperaturen von über 2000°C erhitzt werden, um metallurgisches Silizium zu erhalten. Anschließend folgen weitere Reinigungsschritte, um die erforderliche Reinheit zu erreichen. Der hohe Energiebedarf dieser Prozesse führt zu erheblichen CO₂-Emissionen. Schätzungen zufolge werden etwa 5 kg CO₂ pro kg produziertem Silizium freigesetzt.²⁵ Diese Zahl berücksichtigt jedoch nur den ersten Schritt der Siliziumgewinnung; die Gesamtemissionen für die Herstellung von hochreinem Halbleiter-Silizium sind aufgrund der zusätzlichen Reinigungsschritte noch höher.

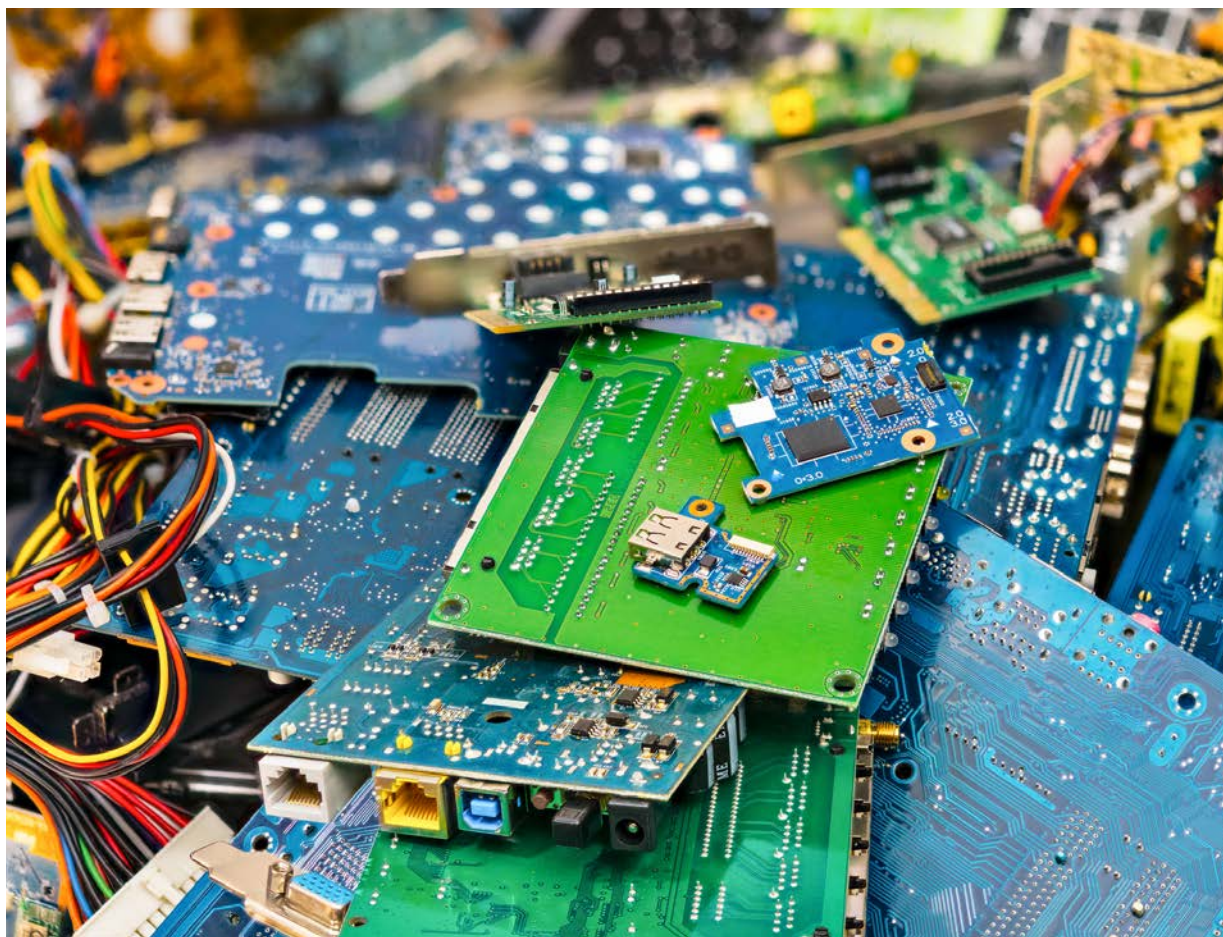
Für die Herstellung von Halbleitern werden neben Silizium auch eine Vielzahl metallischer Rohstoffe, darunter Kupfer, Palladium, Kobalt und Seltene Erden benötigt. Der Abbau dieser Rohstoffe ist oft mit schweren Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörung

verbunden. Dazu gehören Kinderarbeit, die Vergiftung von Gewässern und Böden sowie die Zerstörung von Lebensräumen. Mit 10 % hat die Halbleiterindustrie derzeit einen relativ kleinen Anteil am Gesamtrohstoffverbrauch.²⁶ Mit dem steigenden Bedarf an Halbleitern, wie er zum Beispiel von der EU prognostiziert wird, würde zwangsläufig auch der Bedarf an metallischen Rohstoffen steigen. Ohne die Einführung hoher menschenrechtlicher und ökologischer Standards sowie entsprechender gesetzlicher Rahmenbedingungen werden sich die sozialen und ökologischen Kosten des Rohstoffabbaus weiter verschärfen.

Wafer mit Stück polykristallinem Silizium



Foto: iStockphoto.com/Bjoern Wylezich



Viele Halbleiterprodukte haben eine kurze Lebensdauer und verursachen so Elektroschrott.

Auch die Menge an Elektroschrott wird steigen.

Viele Halbleiterprodukte haben eine kurze Lebensdauer, was zu einer raschen Akkumulation von Elektroschrott führt. Schätzungen gehen davon aus, dass die Menge an Elektroschrott bis 2030 auf 82 Mio. Tonnen anwachsen wird.²⁷ Im Jahr 2022 waren es 62 Mio. Tonnen.²⁸ Davon wurden gerade einmal 22,3 % ordnungsgemäß entsorgt oder recycelt.²⁹ Derzeit konzentrieren sich Ansätze einer Kreislaufwirtschaft und des Recyclings hauptsächlich auf Abfälle, die in der Halbleiterfertigung entstehen. Die Entsorgung der Produkte, die Chips enthalten, wird meist nicht berücksichtigt.³⁰

Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zum einen ist der Recyclingprozess extrem komplex und derzeit unwirtschaftlich.³¹ Zum anderen erfordert das Recycling große Mengen an Strom und Wasser, das häufig mit giftigen Lösungsmitteln belastet ist. Hess argumentiert, dass sich der klimaschädliche Prozess kaum lohnt, da der Prozess durch die äußerst geringen Mengen an zurückgewonnenen Rohstoffen in den meisten Fällen wirtschaftlich nicht rentabel ist.³² Die Verantwortung liegt daher hauptsächlich bei den Chipdesigner*innen und -produzent*innen: Je einheitlicher oder standardisierter das Design, desto einfacher ist das Recycling.

Die Halbleiterproduktion ist bereits jetzt äußerst ressourcenintensiv. Mit der zunehmenden Miniaturisierung der Halbleiter und den damit verbundenen immer komplexer werdenden Fertigungsprozessen wird der Ressourcenverbrauch pro produziertem Chip in Zukunft weiter ansteigen. Eine Studie des IMEC-Forschungszentrums zeigt, dass der Energieverbrauch pro Wafer von der 28 nm- zur 2 nm-Fertigung um das 3,46-Fache steigen wird.³³ Zudem soll der Wasserverbrauch um das 2,3-Fache und die Treibhausgasemissionen sogar um das 2,5-Fache zunehmen.³⁴ Die ökologischen Kosten der Halbleiterproduktion werden derzeit größtenteils externalisiert, da die Fertigung vor allem in Ostasien stattfindet. Sollte die EU ihr angestrebtes Ziel erreichen, bis 2030 einen Anteil von 20 % an der globalen Halbleiterproduktion zu halten, würden sich laut Hess die Treibhausgasemissionen der europäischen Halbleiterproduktion verachtfachen.³⁵ Daher ist es entscheidend, dass die Mitgliedstaaten beim geplanten Ausbau ihrer Produktionskapazitäten klima- und umweltbezogene Ziele prioritär berücksichtigen – ein Aspekt, der im ECA unberücksichtigt bleibt.

5 Der Chip-Krieg: Ein Blick auf den Konflikt zwischen den USA und China

In den letzten Jahren hat der Wettbewerb um die Kontrolle in der Halbleiterproduktion und -technologie zu einem geopolitischen Machtkampf geführt, welchen der Wirtschaftshistoriker Chris Miller als *Chip War* bezeichnet hat.³⁶ Im Zentrum dieses Chipkriegs stehen die USA und China.

China ist das Zentrum der Elektronikindustrie. Heute werden mehr als 60 % aller PCs und etwa 90 % aller Smartphones in China produziert, was einen riesigen Bedarf an Halbleitern mit sich bringt.³⁷ Um diesen Bedarf zu decken, hat China seine eigene Chipproduktion in den letzten Jahren erheblich gesteigert. Zwischen 2017 und 2022 hat sich die Chipproduktion in China mehr als verdoppelt.³⁸ Allerdings liegt der Schwerpunkt der chinesischen Produktion vor allem auf älteren Chipgenerationen, sogenannten *Legacy Chips*. Dies sind Chips mit Strukturgrößen von 28 nm oder größer. Die chinesische Kommunikations- und Informationsbranche ist aber vor allem auf Logikchips mit kleiner Strukturgröße angewiesen und daher noch immer stark vom Import abhängig – eine bedeutende Schwachstelle aus Sicht der chinesischen Regierung.

Daher hat China 2015 die „Made in China 2025“-Initiative ins Leben gerufen. Diese Strategie zielt darauf ab, die inländische Halbleiterproduktion massiv zu steigern. Das erklärte Ziel ist es, bis 2025 etwa 70 % des nationalen Halbleiterbedarfs durch eigene Produktion zu decken. Trotz erheblicher Investitionen erscheint es jedoch zunehmend unwahrscheinlich, dass China diese selbst gesteckten Ziele in absehbarer Zeit erreichen wird. Die Selbstversorgungsquote bei Chips betrug 2021 lediglich 17 %.³⁹ Internationale Sanktionen und Handelsbeschränkungen, insbesondere durch die USA, erschweren Chinas Zugang zu fortgeschrittener Fertigungstechnologie erheblich.

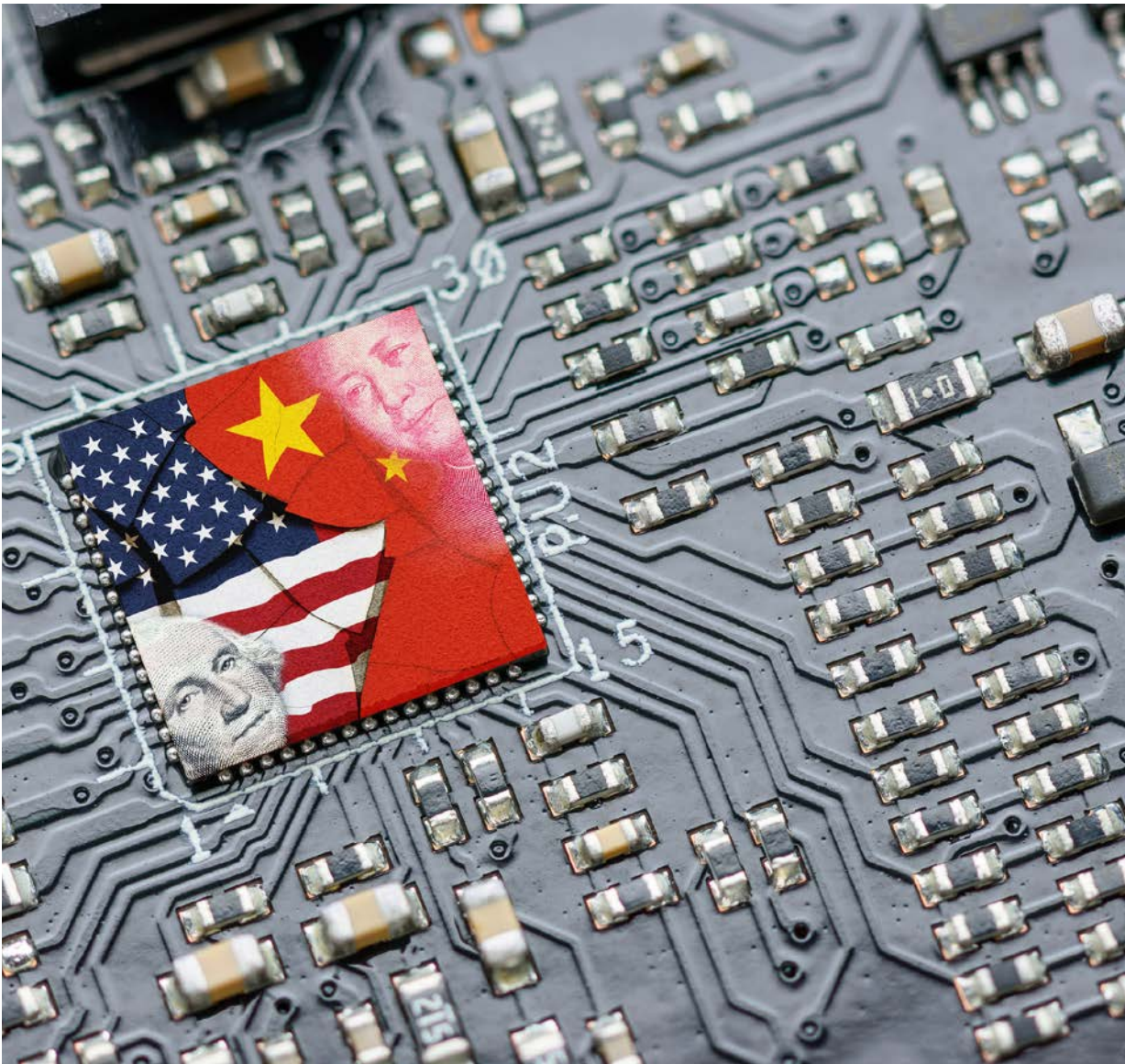
Die USA sehen in Chinas ehrgeiziger Chippolitik eine potenzielle Bedrohung der wirtschaftlichen Dominanz der USA. Bereits 2020 verhängte die Trump-Regierung ein Verbot, das es amerikanischen Unternehmen untersagte, Chips an das chinesische Unternehmen Huawei zu liefern.⁴⁰ Diese Linie wurde unter der Biden-Regierung fortgesetzt. Im August 2022 verabschiedete sie den „CHIPS and Science Act“, ein Gesetzespaket mit einem Volumen von 52 Mrd. US-Dollar. Der Großteil dieser Mittel – etwa 39 Mrd. US-Dollar – ist für den Ausbau der heimischen

Halbleiterproduktion vorgesehen, insbesondere für den Bau neuer Halbleiterfabriken in den USA. Das Gesetz beinhaltet aber auch Exporteinschränkungen, die darauf abzielen, China von der Versorgung mit fortschrittlicher Chip-Hochtechnologie abzuschneiden. Fabriken in China dürfen nun ohne Genehmigung der US-Behörden nicht mehr mit Chips, die eine Strukturgröße von unter 12nm haben, aus den USA beliefert werden.⁴¹

Darüber hinaus üben die USA auch erheblichen diplomatischen Druck auf ihre Verbündeten aus, ebenfalls bestimmte Technologien nicht mehr nach China zu exportieren. So entzog die niederländische Regierung auf das Drängen der USA hin im Januar 2024 dem Chip-Zulieferer ASML die Genehmigung, EUV-Lithographieanlagen zur Herstellung fortschrittlichster Chips nach China zu exportieren.⁴² Parallel dazu haben die USA auch Japan dazu bewegt, neue Exportkontrollen für verschiedene Ausrüstungen einzuführen.⁴³ Der Druck auf ausländische Unternehmen wird vor allem durch die marktführende Position der USA am Beginn der Wertschöpfungskette, im Chipdesign und in der Softwareentwicklung, verstärkt, da ausländische Unternehmen stark von amerikanischen Zulieferern abhängig sind.

Die chinesische Halbleiterindustrie ist durch die von den USA forcierten Exportkontrollen und Handelsrestriktionen stark getroffen.⁴⁴ China hinkt weiterhin bei der Produktion von Hochleistungschips etwa zwei Generationen hinter der US-amerikanischen und taiwanischen Konkurrenz her. Als Reaktion hat China seine Strategie in der Halbleiterproduktion grundlegend neu ausgerichtet. Anstatt sich weiterhin auf die Entwicklung hochmoderner Chips zu konzentrieren hat die Regierung den Schwerpunkt auf die Massenproduktion von *Legacy Chips* verlagert – im ersten Quartal 2024 erhöhte China seine Produktion um 40 %.⁴⁵

Obwohl *Legacy Chips* nicht die neueste Technologie repräsentieren, sind sie keineswegs unbedeutend. Im Gegenteil: Sie bilden das Rückgrat sämtlicher Elektronikprodukte, von Haushaltsgeräten bis hin zu Automobilen. Durch die massive Steigerung der Produktion in diesem Bereich hat China nicht nur seine eigene Industrie gestärkt, sondern auch begonnen, eine erhebliche Marktmacht in einem wichtigen Segment der Halbleiterbranche zu erlangen. Einem Segment,



welches ebenfalls stark von europäischen Firmen dominiert ist, die jetzt mit chinesischen Unternehmen auf dem Markt für *Legacy Chips* konkurrieren.

Somit ist auch die EU von dem Chipkrieg zwischen den USA und China betroffen. Zum einen wird europäischen Unternehmen wie ASML von den USA diktiert, wohin sie ihre Produkte liefern können, wodurch ihnen – wirtschaftlich argumentiert – wichtige Absatzmärkte genommen werden. Darüber hinaus verstärkt sich in Folge des Chipkrieges auch die Konkurrenz für europäische Unternehmen auf dem Leistungshalbleitermarkt. Denn mit dem massiven Ausbau der Produktion von *Legacy Chips* in China wächst das Risiko, dass die chinesischen Chips europäische Unternehmen aus dem Wettbewerb drängen könnten. Sollten europäische Unternehmen aufgrund des Preisdrucks gezwungen sein, ihre Produktion zu reduzieren, könnte dies paradoxerweise Europas Abhängigkeit von chinesischen Chips noch weiter verstärken. Halbleiter sind zum Symbol des Machtkampfes zwischen

den USA und China geworden. Die EU hielt sich lange Zeit in dem Chipkrieg zwischen den USA und China zurück. Doch aufgrund der wachsenden geopolitischen Spannungen steigt der Druck auf die EU ihre Position in den Halbleiter-Wertschöpfungsketten zu stärken. Der ECA ist ein Versuch diesen wachsenden geopolitischen Spannungen zu begegnen.

6 Europas Strategie im globalen Halbleiterwettbewerb: Der European Chips Act

Die EU hat in der Chipfertigung derzeit einen globalen Marktanteil von weniger als 10 % und produziert kaum Chips mit Strukturgrößen unter 22 nm (vgl. Abb. 4,5). Nun jedoch möchte die EU-Kommission Europa zu einem der führenden Produzenten hochmoderner Chips entwickeln. Mit dem ECA verfolgt sie das ambitionierte Ziel, den europäischen Anteil an der weltweiten Halbleiterproduktion bis 2030 auf mehr als 20 % zu steigern. Angesichts einer gleichzeitig erwarteten Verdopplung der globalen Nachfrage müssten die Produktionskapazitäten der europäischen Halbleiterindustrie daher um das Vierfache steigen. Um dies zu erreichen, plant die EU rund 43 Mrd. Euro an staatlichen und privaten Mitteln zu mobilisieren. Ein Großteil dieser Investitionen, etwa zwei Drittel, soll in sogenannte „Megafabs“ fließen – hochmoderne Chipfabriken für die Produktion von Halbleitern mit den feinsten Strukturen.⁴⁶

Die deutsche Bundesregierung setzt im Rahmen der europäischen Halbleiterstrategie auf massive Investitionen und Subventionen, um Deutschland als Schlüsselstandort für die Chipproduktion in der EU zu etablieren. Ein wichtiges Projekt ist das TSMC-Joint Venture in Dresden, an dem Bosch, Infineon und NXP beteiligt sind. Dieses Projekt mit dem Namen European Semiconductor Manufacturing Company (ESMC) wird mit staatlichen Zuschüssen von 5 Mrd. Euro unterstützt. Die Unterstützung für das Intel-Werk in Magdeburg sollte noch größer ausfallen: Intel plante dort die Herstellung von Chips mit einer Strukturgröße von 1,5 nm – aktuell die fortschrittlichste Technologie weltweit. Dafür waren Subventionen von etwa 10 Mrd. Euro vorgesehen. Doch die Pläne wurden nun seitens des Konzerns vorläufig gestoppt.

Die aktuelle europäische und deutsche Halbleiterstrategie sieht vor, Großkonzerne mit Milliardenbeträgen für den Bau von Chipfabriken zu unterstützen in der Annahme, dass dies automatisch zu mehr Resilienz und Versorgungssicherheit führen würde. Doch wie sinnvoll ist diese Strategie wirklich?

6.1 Schwachstellen des ECA

Unzureichende gesamtheitliche Betrachtung der Halbleiter-Wertschöpfungsketten. Derzeit liegt der Fokus der europäischen Halbleiterstrategie fast ausschließlich auf der *Frontend*-Fertigung. Dahingegen hat die EU derzeit nur minimale Kapazitäten in der *Backend*-Fertigung (3 %, vgl. Abb. 6), welche momentan überwiegend in Ostasien stattfindet (> 70 %, vgl. Abb. 6). Intel hatte ursprünglich geplant, zusammen mit seinem *Frontend*-Standort in Magdeburg eine *Backend*-Fertigung in Polen aufzubauen, hat diese Pläne jedoch vorerst auch auf Eis gelegt. Auch das OSAT-Unternehmen Amkor Technologies erweitert derzeit seine *Backend*-Kapazitäten in Porto, Portugal, nachdem es Partnerschaften mit den Halbleiterherstellern Globalfoundries und Infineon eingegangen ist. Beide Hersteller betreiben Chipfabriken in Deutschland und haben mit Amkor Vereinbarungen zur Weiterverarbeitung ihrer Chips geschlossen.⁴⁷ Trotz dieser Ausbaupläne bleiben die *Backend*-Kapazitäten in Europa nach wie vor viel zu gering, vor allem angesichts des Ziels der Kommission, die Halbleiterproduktion mehr als zu verdoppeln. Das bedeutet, dass die in Deutschland produzierten *Wafer* auch künftig in Ländern wie Taiwan, China und Malaysia weiterverarbeitet, verpackt und getestet werden müssen. Somit blieben europäischen Unternehmen auch in Zukunft für die *Backend*-Fertigung auf Produktionsstätten in Asien angewiesen. Eine echte Resilienz wird damit nicht erreicht.

Der ECA vernachlässigt die Stärken der europäischen Industrie. Europa produziert zwar keine Hochleistungschips, ist aber führend in der Herstellung von Chips mit größerer Strukturgröße. Doch mit Chinas Ausbau der Produktionskapazitäten für *Legacy* Chips könnte sich Europas Importabhängigkeit verstärken. Angesichts dieser Entwicklung erscheint es fragwürdig, beim Ausbau der Kapazitäten auf die modernsten Fertigungsverfahren für die Produktion von 2 nm Chips zu setzen und damit auf die Fabriken, die ca. 20 Mrd. Euro kosten und für deren Produkte es kaum europäische Kund*innen gibt. Denn Chips mit kleinster

Strukturgröße werden primär in der Elektronikindustrie benötigt, diese ist jedoch überwiegend in Ostasien konzentriert. In der EU hingegen ist es vor allem die Automobil-, Luftfahrt- und Maschinenbauindustrie, die Chips benötigt. Diese Branchen benötigen jedoch vorwiegend Legacy Chips und nicht die hochmodernen 2 nm Varianten. Folglich ist zu befürchten, dass die geplanten Investitionen in die Fertigungskapazitäten fortschrittlichster Chips am tatsächlichen Bedarf der europäischen Industrie vorbeigehen. Sollte das angestrebte Ziel der EU die Stärkung der Versorgungssicherheit der europäischen Industrie sein, dann ist der starke Fokus auf fortschrittlichste Chips fehlgerichtet.⁴⁸

Die geplanten Fabriken bleiben abhängig von einer Vielzahl ausländischer Zulieferer. Chipfabriken alleine sind nur ein Teil der gesamten Wertschöpfungskette, auch wenn sie derzeit die größte Aufmerksamkeit genießen. So wird TSMCs neue Fabrik in Dresden weiterhin auf Chemikalien aus Japan, Taiwan und den USA angewiesen sein, ebenso wie auf Wafer aus Japan und Maschinen aus Südkorea, den USA und Japan. Der Bau neuer Fertigungsanlagen in Europa wird nichts Grundsätzliches an der extrem verflochtenen Halbleiter-Wertschöpfungskette ändern.⁴⁹

Versorgung für welche Industrien? Ein weiterer zu kritisierender Punkt ist die Rechtfertigung der Subventionen für die Sicherung der Versorgung der europäischen Automobilindustrie mit Chips. Zwar wird der Bedarf dieser Industrie mit dem Ausbau der Elektromobilität erheblich steigen, da vor allem Elektrofahrzeuge einen hohen Halbleiterverbrauch haben. Sollte jedoch jedes Verbrenner-Fahrzeug durch ein Elektrofahrzeug ersetzt werden, würde dies zu einem stark erhöhten Chipbedarf führen und die ökologischen Belastungen, die mit der Halbleiterproduktion einhergehen, weiter intensivieren. Für eine effektive Bekämpfung des Klimawandels und damit einem echten „grünen“ Wandel der EU braucht es den Ausbau erneuerbarer Energietechnologien und nicht den Ausbau des Individualverkehrs – selbst wenn es sich dabei um Elektrofahrzeuge handelt. Daher muss der Fokus der Versorgung klar auf Technologien wie Solar- und Windkraft liegen, anstatt auf der Versorgung der Automobilindustrie.

Soziale und klimapolitische Aspekte bleiben unberücksichtigt. Die europäische Halbleiterstrategie konzentriert sich hauptsächlich auf den Ausbau von Produktionskapazitäten. Dafür sollen gewaltige Summen öffentlicher Gelder in Großkonzerne fließen – ohne dass diese Gelder an jegliche soziale oder klimapolitische Auflagen geknüpft sind.⁵⁰ Angesichts des hohen ökologischen Fußabdrucks der Halbleiterindustrie ist dies besonders besorgniserregend. Auch fehlen Maßnahmen zur Suffizienz. Zwar können Chips

in Endgeräten zur Einsparung von Emissionen beitragen, doch mit der Miniaturisierung der Chips steigt der Ressourcenverbrauch. Dies führt dazu, dass das Endprodukt zwar möglicherweise weniger Emissionen erzeugt, die Emissionen während der Produktion der Chips jedoch zunehmen. Gerade aus diesem Grund ist es unerlässlich, den Umgang mit Halbleitern suffizient zu gestalten. Der ECA enthält jedoch weder soziale oder klimapolitische Auflagen, noch Strategien zur Reduktion des Verbrauchs oder verbindliche Vorgaben zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft für Halbleiter.

Regionales Ungleichgewicht. Aufgrund der hohen Kapitalintensität für Halbleiterprojekte haben finanzstarke Mitgliedsstaaten einen erheblichen Vorteil bei der Anziehung von Investitionen in die Halbleiterindustrie. Derzeit ist der Großteil der geplanten Investitionen in die EU auf einige wenige Länder konzentriert, insbesondere auf Deutschland. Der Gewerkschaftsverband industriAll Europe weist auf die Gefahr hin, dass ohne die Einflussnahme der EU ein geografisches Ungleichgewicht entstehen könnte, indem hauptsächlich finanzstarke Mitgliedsstaaten von der Mittelverteilung profitieren könnten.⁵¹

Die im ECA forcierten Pläne tragen weder zur Stärkung der Versorgungssicherheit bei, noch leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Förderung des „grünen“ Wandels der EU. Der Fokus liegt zu stark auf der Produktion hochmoderner Chips, während vor- und nachgelagerte Produktionsschritte zu wenig Beachtung finden, wodurch Abhängigkeiten nicht verringert werden. Gleichzeitig wird der ökologische und soziale Fußabdruck der Produktion von Halbleitern im ECA vernachlässigt. Die derzeitige europäische Strategie sieht vor, dass Großkonzerne Milliardenbeträge an Förderung erhalten sollen, ohne dass ein klarer wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Nutzen erkennbar ist. Eine Neuausrichtung des ECA ist daher notwendig.

6.2 Neuausrichtung erforderlich: Strategische Empfehlungen

Angesichts zunehmender geopolitischer Spannungen und der zentralen Bedeutung von Halbleitern für emissionsreduzierende Technologien ist der Ansatz der EU, die Resilienz der europäischen Halbleiterindustrie stärken zu wollen, grundsätzlich nachvollziehbar. Dabei sollte jedoch der Fokus neu ausgerichtet werden.

Förderung bestehender Industrien. Statt sich im Wettlauf um die Produktion hochmoderner Chips zu verlieren, sollte die EU verstärkt bestehende Industrien fördern. Obwohl die EU nur einen geringen Anteil an der direkten Halbleiter-Wertschöpfungskette hat, nimmt sie in der Zulieferindustrie eine bedeutende Position ein. Diese Position, insbesondere bei Chemikalien und der Ausrüstung für Fabriken, sollte die EU gezielt fördern und ausbauen. Ein weiterer Bereich ist die Produktion von analogen Chips. Diese sind nicht nur wichtige Bestandteile für die Energiewende, sondern auch ein Bereich, in dem die europäische Halbleiterindustrie schon stark aufgestellt ist. Indem Europa seine Kompetenzen in der Produktion von analogen Chips weiter schärft, könnte es sowohl seine Importabhängigkeiten reduzieren als auch seine Position in einem wichtigen Segment der Halbleiter-Wertschöpfungskette weiter stärken.

Sicherstellung eines regionalen Gleichgewichts. Da die Europäische Kommission umfangreiche staatliche Beihilfen – wie sie für solche Halbleiterprojekte benötigt werden – genehmigen muss, besitzt sie erheblichen Einfluss, um eine gerechte Verteilung der Mittel sicherzustellen. Sie sollte daher besonders darauf achten, dass die Investitionen allen Mitgliedstaaten zugutekommen und nicht nur den größeren, finanzstärkeren Ländern.

Priorisierung sozialer und klimapolitischer Aspekte.

Es ist unerlässlich, dass die Investitionen an soziale und klimapolitische Auflagen geknüpft werden. Das beinhaltet beispielsweise Vorgaben zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen oder des Wasserverbrauchs. Rohstoffe sollten vorrangig aus Recyclingprozessen stammen; der Einsatz von Primärrohstoffen darf nur erfolgen, wenn diese unter höchsten Umwelt- und Menschenrechtskriterien bezogen wurden. Angesichts der energieintensiven und klimaschädlichen Herstellung von Halbleitern ist auch eine Strategie der Suffizienz erforderlich. Der ECA sollte Maßnahmen zur Reduktion des Halbleiterverbrauchs vor allem in klimaschädlichen Branchen fördern.

Förderung einer Kreislaufwirtschaft.

Die europäische Halbleiterstrategie benötigt verbindliche Vorgaben für die Förderung einer Kreislaufwirtschaft im Halbleiterbereich. Ein auf Langlebigkeit, Reparierbarkeit und Wiederverwertbarkeit ausgelegtes Design bei Chips und Elektronikgeräten könnten den Rohstoffverbrauch und die ökologischen Auswirkungen der Chipproduktion verringern. Der ECA sollte zudem Forschung und Entwicklung für nachhaltigere Produktionsmethoden im Halbleiterbereich fördern. Entwicklungen in der Chipfertigung, die energieeffizienter und ressourcenschonender sind, sollten priorisiert werden, um den ökologischen und sozialen Fußabdruck der Chipproduktion zu senken.

ANMERKUNGEN

- 1 Europäische Kommission (2022)
- 2 Europäische Kommission (2023)
- 3 Müller-Freitag (2023, S. o.p.)
- 4 Hess (2024, S. 36)
- 5 zur Nedden (2023, S. o.p.)
- 6 TrendForce (2024, S. o.p.)
- 7 ZVEI (2022, S. o.p.)
- 8 Varas et al. (2021, S. 37)
- 9 Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE (2022, S. 35)
- 10 Ebd.
- 11 ASML (2023, S. 34)
- 12 Belitz & Gornig (2024, S. o.p.)
- 13 ZVEI (2021, S. 5)
- 14 Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE (2022, S. 56)
- 15 ZVEI (2021, S. 5–6)
- 16 Hess (2024)
- 17 SEMI et al. (2023, S. 3)
- 18 Ebd.
- 19 Hess (2024, S. 41)
- 20 Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE (2022, S. 52)
- 21 Borowiec (2022, S. o.p.)
- 22 Ebd.
- 23 Ebd.
- 24 Hess (2024, S. 36)
- 25 Lippelt et al. (2021, S. 74)
- 26 Hess, (2024, S. 35)
- 27 Baldé et al. (2024, S. 16)
- 28 Ebd., S. 26
- 29 Ebd., S. 16
- 30 Hess (2024, S. 43)
- 31 Ebd.
- 32 Hess (2024, S. 43)
- 33 Bardon & Parvais (2020, S. o.p.)
- 34 Ebd.
- 35 Ebd.
- 36 Miller (2022)
- 37 Bown (2020, S. 14–15)
- 38 Rohde, (2023, S. o.p.)
- 39 Ebd.
- 40 Shepardson (2024, S. o.p.)
- 41 Freifeld & Potkin (2024, S. o.p.)
- 42 Hofer (2024, S. o.p.)
- 43 Bork (2023, S. o.p.)
- 44 Bork (2024, S. o.p.)
- 45 Ebd.
- 46 Deutscher Bundestag (2023, S. 2)
- 47 infineon (2024, S. o.p.)
- 48 Kleinhans (2021, S. 22)
- 49 Müller (2023, S. 13)
- 50 industriAll Europe (2024, S. 7–10)
- 51 industriAll Europe (2024, S. 5–6)

LITERATURVERZEICHNIS

- ASML. (2023). ASML Annual Report 2023. <https://kurzlinks.de/0cd2>
- Baldé, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Angelo, E., Althaf, S., Bel, G., Deubzer, O., Fernandez-Cubillo, E., Forti, V., Gray, V., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., di Cortemiglia, V. L., Lobuntsova, Y., Nnorom, I., Pralat, N., & Wagner, M. (2024). The Global E-Waste Monitor 2024. <https://kurzlinks.de/pyfm>
- Bardon, M. G., & Parvais, B. (2020, Dezember 17). The Environmental Footprint of Logic CMOS Technologies, A DTCObased analysis. IMEC. <https://kurzlinks.de/5vsq>
- Belitz, H., & Gornig, M. (2024, Februar 19). Mehr Chips für Europa. bpb. <https://kurzlinks.de/w3nu>
- Bork, H. (2023, August 2). Japan beschließt China-Boykotte – nennt sie aber anders. ElektronikPraxis. <https://kurzlinks.de/uxsr>
- Bork, H. (2024). Analysten: US-Chip-Boykotte gehen „nach hinten los“, China erobert den Legacy-Weltmarkt. ElektronikPraxis. <https://kurzlinks.de/uani>
- Borowiec, S. (2022, Dezember 14). South Korea's chip ambitions threaten big environmental toll. Handelsblatt. <https://kurzlinks.de/xa8g>
- Bown, C. P. (2020). How the United States Marched the Semiconductor Industry into Its Trade War with China. East Asian Economic Review, 24(4), 349–388. <https://kurzlinks.de/32vx>
- Deutscher Bundestag. (2023). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Andrej Hunko, Christian Leye, Ralph Lenkert, Alexander Ulrich und der Fraktion DIE LINKE (Drucksache 20/6553). <https://kurzlinks.de/80q3>
- Europäische Kommission. (2022). European Chips Survey Report. <https://kurzlinks.de/r81k>
- Europäische Kommission (2023) Verordnung zur Schaffung eines Rahmens für Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Halbleiter-Ökosystems und zur Änderung der Verordnung (EU) 2021/694 (Chip-Gesetz), 2023/1781. <https://kurzlinks.de/3jyh>
- Freifeld, K., & Potkin, F. (2024, November 10). Exclusive: US ordered TSMC to halt shipments to China of chips used in AI applications. Reuters. <https://kurzlinks.de/mhe8>
- Hess, J. C. (2024). Chip Production's Ecological Footprint: Mapping Climate and Environmental Impact (interface, Hrsg.). <https://kurzlinks.de/rmim>
- Hofer, J. (2024). „China hinkt bei den Chips zehn Jahre hinterher“. Handelsblatt. <https://kurzlinks.de/kpzm>
- industriAll Europe. (2024). Halbleiterindustrie in Europa: Zwischen Geopolitik und Technologie-Wettlauf. <https://kurzlinks.de/vyzu>
- infineon. (2024, April 8). Infineon und Amkor vertiefen Partnerschaft und stärken europäische Lieferkette für Halbleiterlösungen. infineon. <https://kurzlinks.de/egcp>
- Kleinhans, J.-P. (2021). The lack of semiconductor manufacturing in Europe: Why the 2nm fab is a bad investment. Stiftung Neue Verantwortung e.V. <https://kurzlinks.de/q7qq>
- Lippelt, J., Steigmeier, J., & Wölfl, A. (2021). Kurz zum Klima: Silizium – ein Rohstoff, der es in sich hat. <https://kurzlinks.de/6dbc>
- Miller, C. (2022). Chip war: The fight for the world's most critical technology. Simon & Schuster. <https://kurzlinks.de/5haq>
- Müller, W. (2023). Europa muss in der Chipindustrie aufholen aber wie? Die globale Halbleiterindustrie, der Chipkrieg der USA gegen China und eine abgehängte EU. Rosa-Luxemburg-Stiftung.
- Müller-Freitag, M. (2023). Chip War: Warum die Halbleiterindustrie im Zentrum der Weltpolitik steht. <https://kurzlinks.de/o9c6>
- Rohde, R. (2023, April 4). Chinas Halbleiterindustrie droht Rückfall um Jahrzehnte. Germany Trade & Invest. <https://kurzlinks.de/t7np>
- SEMI, Semiconductor Climate Consortium, & BCG. (2023). Transparency, Ambition, and Collaboration: Advancing the Climate Agenda of the Semiconductor Value Chain. <https://kurzlinks.de/fqv5>
- Shepardson, D. (2024, August 18). U.S. tightening restrictions on Huawei access to technology, chips. Reuters. <https://kurzlinks.de/lf4l>
- SIA. (2024). SIA 2024 Factbook. <https://kurzlinks.de/tu7w>
- Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. (2022). Branchenausblick 2030+: Die Halbleiterindustrie. <https://kurzlinks.de/wphi>
- TrendForce. (o. J.). The Quiet Beginning of the 3D DRAM Market Share Battle. Statistika. Abgerufen 2. Februar 2024, von <https://kurzlinks.de/49ay>
- Varadarajan, R., Koch-Weser, I., Richard, C., Fitzgerald, J., Singh, J., Thornton, M., Casanova, R., & Isaacs, D. (2024). Emerging resilience in the semiconductor supply chain. <https://kurzlinks.de/89ro>
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2021). Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era (BCG & SIA, Hrsg.). <https://kurzlinks.de/c8km>
- zur Nedden, C. (2023, Januar 20). Chip-Supermacht Taiwan. DW. <https://kurzlinks.de/1wmu>
- ZVEI. (2021). Starke Mikroelektronik in Europa: Zukünftige Versorgungssicherheit bei Leistungshalbleitern in der Industrie. <https://kurzlinks.de/vxya>
- ZVEI. (2022). 900 Halbleiter für ein Auto. ZVEI. <https://kurzlinks.de/54zj>

Hinweis: Alle Online-Quellen wurden zuletzt am 10. Dezember 2024 abgerufen.

Zusammenfassung

Halbleiter, auch Chips genannt, haben sich zu einer grundlegenden Technologie für Industriegesellschaften entwickelt. Mit dem European Chips Act (ECA) versucht die Europäische Kommission, ihre Position im globalen Halbleitergeschäft zu stärken. Das ambitionierte Ziel: Bis 2030 soll der europäische Anteil an der weltweiten Halbleiterproduktion von derzeit unter 10 % auf mehr als 20 % verdoppelt werden. Hierfür sollen rund 43 Milliarden Euro aus öffentlichen und privaten Mitteln mobilisiert werden, wobei der Schwerpunkt auf der Errichtung hochmoderner Chipfabriken für die Produktion der fortschrittlichsten Chips liegt. Diese Maßnahmen werden mit der Sicherung der Versorgung europäischer Industrien und der Unterstützung des „grünen“ Wandels der EU begründet. Diese Studie zeigt jedoch, dass die im ECA forcierten Pläne weder zur Stärkung der Versorgungssicherheit

beitragen noch einen wesentlichen Beitrag zur Förderung des „grünen“ Wandels der EU leisten. Der Fokus des ECA liegt zu stark auf der Produktion hochmoderner Chips, während vor- und nachgelagerte Produktionsschritte zu wenig Beachtung finden. Gleichzeitig wird der ökologische und soziale Fußabdruck der Halbleiterproduktion vernachlässigt. Die derzeitige europäische Halbleiterstrategie sieht vor, dass Großkonzerne Milliardenbeträge an Fördermitteln erhalten, ohne dass ein klarer wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Nutzen erkennbar ist. Eine Neuausrichtung des ECA ist daher erforderlich. Unsere zentralen Forderungen umfassen die vorrangige Förderung bestehender europäischer Halbleiterindustrien, die Priorisierung sozialer und klimabezogener Auflagen sowie verbindliche Maßnahmen zur Suffizienz und zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft.

IMPRESSUM



Herausgeber:

WEED – Weltwirtschaft,
Ökologie & Entwicklung e.V.
Am Sudhaus 2, 12053 Berlin
kontakt@weed-online.org
www.weed-online.org

Autorin: Julia Albrecht

Redaktionelle Mitarbeit: Peter Pawlicki,
Anton Pieper, Nick Stein

Layout & Grafiken:

Marco Fischer – grafischer.com

Druck: dieUmweltDruckerei GmbH

2. Auflage, Dezember 2024

Diese Publikation wurde auf 100 % Recycling-Papier gedruckt, ausgezeichnet mit dem Umweltsiegel Blauer Engel.

Gefördert durch

**ENGAGEMENT
GLOBAL**

Service für Entwicklungsinitiativen



mit Mitteln des



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

Mit freundlicher
Unterstützung der
Landesstelle für
Entwicklungszusammenarbeit
(LEZ) des Landes
Berlin



WEED e.V. erhält eine
Strukturförderung durch:

**Brot
für die Welt**

Für den Inhalt dieser Publikation ist allein WEED – Weltwirtschaft, Ökologie & Entwicklung e.V. verantwortlich; die hier dargestellten Positionen geben nicht den Standpunkt der Förderer wieder.