



Rat der
Europäischen Union

Brüssel, den 11. Februar 2022
(OR. en)

6169/22

COMPET 83
IND 33
MI 102
RC 8
RECH 73
TELECOM 50
FIN 148
CADREFIN 11

ÜBERMITTLUNGSVERMERK

| | |
|----------------|---|
| Absender: | Frau Martine DEPREZ, Direktorin, im Auftrag der Generalsekretärin der Europäischen Kommission |
| Eingangsdatum: | 9. Februar 2022 |
| Empfänger: | Herr Jeppe TRANHOLM-MIKKELSEN, Generalsekretär des Rates der Europäischen Union |
| Nr. Komm.dok.: | COM(2022) 45 final |
| Betr.: | MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN Ein Chip-Gesetz für Europa |

Die Delegationen erhalten in der Anlage das Dokument COM(2022) 45 final.

Anl.: COM(2022) 45 final



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 8.2.2022
COM(2022) 45 final

**MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN
RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND
DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN**

Ein Chip-Gesetz für Europa

EIN CHIP-GESETZ FÜR EUROPA

1. Einführung

Halbleiterchips sind die wesentlichen Bausteine digitaler und digitalisierter Produkte. Von Smartphones und Autos über kritische Anwendungen und Infrastrukturen für die Gesundheitsversorgung, Energie, Mobilität, Kommunikation und industrielle Automatisierung sind Chips für die moderne digitale Wirtschaft von zentraler Bedeutung. Sie bestimmen die Leistungsmerkmale digitaler Systeme, darunter Sicherheit und Energieeffizienz, die für den digitalen und den ökologischen Wandel in der EU entscheidend sind. Darüber hinaus sind sie unverzichtbar für die digitalen Schlüsseltechnologien der Zukunft, einschließlich künstlicher Intelligenz (KI), 5G und Edge-Computing, wie in der digitalen Dekade der EU 2030 dargelegt.¹ Einfach ausgedrückt: Es gibt kein „digital“ ohne Chips.

Seit Beginn der Pandemie Anfang 2020 stehen Europa und andere Regionen der Welt vor erheblichen Versorgungsproblemen und Lieferengpässen bei Chips. Während sich der digitale Wandel beschleunigt und alle Teile der Gesellschaft durchdringt, untergräbt eine Chipknappheit die industrielle Produktion und die wirtschaftliche Entwicklung in allen Sektoren und hat mögliche schwerwiegende gesellschaftliche Folgen. Unterbrechungen der Lieferkette bei Halbleitern haben die Aufmerksamkeit der Welt auf Chips als Herzstück der Wirtschaft und unseres täglichen Lebens gelenkt.

Der Halbleitersektor ist kapital- und wissensintensiv und unterliegt einer raschen technologischen Entwicklung. Die Herstellung von Chips erfolgt in einer globalen, komplexen und in einigen wichtigen Segmenten übermäßig konzentrierten Lieferkette. So sind heute nur zwei weltweit tätige Unternehmen mit Sitz in Taiwan und Südkorea in der Lage, die fortgeschrittensten Mikrochips zu fertigen.

Bei Halbleitern ist Europa in einigen spezifischen Bereichen stark, z. B. beim Entwurf von Komponenten für Leistungselektronik, für Hochfrequenz- und Analoggeräte, Sensoren und Mikrocontroller, die in der Automobilindustrie und der Fertigungsindustrie weitverbreitet sind. Europa ist auch der weltweite Mittelpunkt für die Halbleiterforschung. Es hat führende Forschungszentren, die die weltweite Entwicklung modernster Halbleitertechnologien vorantreiben. Die europäische Technik ist in der Tat ein Schlüsselfaktor für die Miniaturisierung² von Chips. Konzepte wie FinFET und „Gate All Around“³ sind für die

¹ COM(2021) 118.

² Die Miniaturisierung (Moore'sches Gesetz) ist eine wichtige treibende Kraft hinter der Gestaltung von Chips: Durch sie verdoppelt sich die Menge an Transistoren in einem bestimmten Bereich des Halbleiters und somit auch die Rechenleistung alle 18 Monate. Dies gilt seit fast 60 Jahren. Die fortgeschrittenen Chips von heute packen zig Milliarden Transistoren auf jeden einzelnen Quadratzentimeter Silizium.

³ Gate-all-around-Feldeffekttransistoren (GAA-FET), Nachfolger von Fin-Feldeffekttransistoren (FinFET), die für fortgeschrittene Chips verwendet werden, stellen eine wesentliche Technologie dar, um Transistorgrößen unter 3 nm zu erreichen.

Herstellung leistungsstarker Chips der nächsten Generation erforderlich, und die FD-SOI-Technologie⁴ ist für die Senkung des Energieverbrauchs von entscheidender Bedeutung.

Europa ist auch in Bezug auf die Werkstoffe und Geräte, die für den Betrieb großer Chip-Fertigungsanlagen erforderlich sind, sehr gut positioniert und viele europäische Unternehmen spielen entlang der Lieferkette eine wesentliche Rolle. Es verfügt ferner über starke und diversifizierte Endanwendersektoren in der Industrie, z. B. Automobilindustrie, industrielle Automatisierung, Gesundheitswesen, Energie, Kommunikation, Landwirtschaft usw.

Trotz dieser Stärken hat Europa lediglich einen Anteil von 10 % auf dem globalen Halbleitermarkt⁵ und ist weitgehend auf Lieferanten aus Drittländern angewiesen. Im Falle einer Unterbrechung der Lieferkette könnten die europäischen Chipreserven in einigen Industriezweigen wie der Automobilindustrie innerhalb weniger Wochen erschöpft sein⁶, wodurch viele europäische Industriezweige gezwungen wären, die Produktion zu drosseln oder einzustellen. Darüber hinaus verfügt Europa nur über begrenzte Kapazitäten für die Fertigung von Chips, die vor allem in der Produktion ausgereifter Technologieknoten (22 nm und darüber) liegen; bei Spitzenknotendichten (7 nm und darunter) hat es keine Kapazitäten⁷. Auch in Bezug auf Entwurf, Packaging und Montage ist es stark abhängig⁸.

Da sich der digitale Wandel beschleunigt, die Nachfrage nach Chips weltweit rasch wächst⁹ und sich voraussichtlich bis Ende des Jahrzehnts verdoppeln wird¹⁰, stehen Halbleiter im Mittelpunkt starker geostrategischer Interessen und des globalen Technologiewettlaufs. Die führenden Volkswirtschaften sind bestrebt, ihre Versorgung mit den fortgeschrittensten Chips zu sichern, da diese zunehmend die Voraussetzung für ihre (wirtschaftliche, industrielle, militärische) Handlungsfähigkeit und für das Vorantreiben des digitalen Wandels bilden. Sie investieren bereits in großem Umfang und setzen Unterstützungsmaßnahmen zur Innovation und Stärkung ihrer Produktionskapazitäten ein. Der Vorschlag für ein US-amerikanisches

⁴ Eine Verfahrenstechnik wie FD-SOI (Fully Depleted Silicon On Insulator) bietet den Vorteil kleinerer Siliziumgeometrien mit einem vereinfachten Fertigungsverfahren und stellt einen guten Kompromiss zwischen Leistung und Energieverbrauch dar.

⁵ Quelle: „[Strengthening the semiconductor supply chain in an uncertain era](#)“, Boston Consulting und SIA (Semiconductor Industry Association).

⁶ Schätzungen der Kommission auf der Grundlage von bedarfssynchronen Fertigungsverfahren, die Abfälle minimieren und die Effizienz steigern, indem Lagerbestände niedrig gehalten werden. Solche Methoden sind in der Automobil-Lieferkette weitverbreitet („[The semiconductor shortage in autos: Strategies for success | McKinsey](#)“). So ist beispielsweise der US-amerikanischen Chip-Lagerbestand für die Industrie von einem 40 Tage-Vorrat im Jahr 2019 auf weniger als 5 Tage zurückgegangen. <https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/results-semiconductor-supply-chain-request-information>

⁷ Bei der Halbleiterfertigung bedingt die Verfahrenstechnik traditionell die Transistorgröße, die in Nanometern (nm) gemessen wird; 1 nm ist ein Milliardenstel eines Meters. Kleinere Prozessknoten führen zu höherer Leistung und Energieeffizienz, sind aber auch in der Herstellung komplexer und kostspieliger. Die Fertigung findet heute im Bereich bis zu 5 nm statt, wobei sich 3 nm in der Vorproduktion und 2 nm in der Entwicklung befinden.

⁸ Packaging und Montage sind die letzten Schritte bei der Herstellung von Chips. Sie betreffen eine Reihe von Verarbeitungsschritten, die erforderlich sind, um den Chip in einer Form zu liefern, die in elektronischen Geräten verwendet werden kann. Wafer werden in Dies geschnitten, Schaltungen hergestellt und die Chips dann verkapselt, um den Schutz vor externen Einflüssen wie Feuchtigkeit, Chemikalien usw. zu gewährleisten. Beim fortschrittlichen Packaging werden mehrere Komponenten in ein einziges Gerät integriert.

⁹ Die Nachfrage war 2021 um 17 % höher als 2019 und ging nicht mit einer entsprechenden Zunahme des Angebots einher, was zu einer größeren Diskrepanz gegenüber dem Angebot führte (<https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/results-semiconductor-supply-chain-request-information>).

¹⁰ Prognose von SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) und VLSI Research.

Chip-Gesetz sieht eine Zuweisung von 52 Mrd. USD für die Fertigung und FuE bis 2026 vor¹¹. China forciert seine Bemühungen zur Schließung seiner technologischen Lücke und wird Schätzungen zufolge bis 2025 im Einklang mit einer Reihe von Plänen und Initiativen wie „Made in China 2025“ in den letzten zehn Jahren rund 150 Mrd. USD investiert haben¹². Japan hat kürzlich öffentliche Mittel in Höhe von 8 Mrd. USD für inländische Investitionen in Halbleiter angekündigt, die durch zusätzliche Mittel ergänzt werden sollen¹³. Südkorea wird seine Halbleiterindustrie stärken, indem es private Investitionen seiner inländischen Unternehmen in FuE und Fertigung durch steuerliche Anreize unterstützt, die bis 2030 auf 450 Mrd. USD geschätzt werden¹⁴.

Angesichts zunehmender geopolitischer Spannungen, eines raschen Nachfragewachstums und möglicher weiterer Störungen in der Lieferkette muss Europa seine Stärken nutzen und wirksame Mechanismen einrichten, um eine stärkere Führungsposition zu etablieren und die Versorgungssicherheit in der globalen Industriekette zu gewährleisten. Nur so wird Europa die in Krisenzeiten erforderliche Hebelwirkung erzielen und die globalen Lieferketten trotz ihrer neuen geopolitischen Aspekte aufrechterhalten können. Dies bedeutet, dass ausgeglichene gegenseitige Abhängigkeiten sowie resiliente Lieferketten ohne einzelne Fehlerpunkte gefördert werden müssen.

Europa verfügt über die Ressourcen, um auf den Halbleitermärkten der Zukunft eine führende Rolle in der Industrie zu übernehmen. Es will bis 2030 mindestens 20 % der Weltproduktion an hochmodernen, innovativen und nachhaltigen Halbleitern stellen¹⁵. Ziel ist es nicht nur, übermäßige Abhängigkeiten zu verringern, sondern auch die Chancen zu nutzen, die die zunehmend digitalisierten Märkte und der technologische Wandel bieten. Dies wird die Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Halbleiter-Ökosystems und der europäischen Industrie insgesamt, einschließlich der KMU, verbessern, da die Industrie in der gesamten EU einen sichereren Zugang zu leistungsfähigen und energieeffizienten Chips haben und für die europäischen Bürger und die Weltmärkte innovative Produkte bereitstellen wird.

Um dies zu erreichen, muss Europa seine Produktionskapazität erheblich ausbauen und Kapazitäten für Spitzentechnologien schaffen. Ohne rasche und ausreichende Investitionen wird der Marktanteil Europas angesichts der Verdoppelung des Marktes und des Umfangs der Anstrengungen in anderen Teilen der Welt auf weniger als 5 % zurückgehen. Auch die Einführung von Chips der nächsten Generation durch die europäische Industrie könnte sich verzögern, sodass ihre Wettbewerbsfähigkeit und technologische Autonomie im weiteren Sinne in Gefahr geraten.

Während die Halbleiterindustrie mehr als jede andere Industrie in FuE und Sachanlagen investiert, haben die mit den Investitionen verbundenen Risiken und ihre sehr langfristigen Renditen in Verbindung mit der strategischen Bedeutung der Halbleitertechnik dazu geführt, dass der Sektor stets öffentlich gefördert wurde¹⁶. Die EU hat den Sektor hauptsächlich durch ihre Forschungsrahmenprogramme unterstützt und auch in der Vergangenheit gemeinsam mit der Industrie ehrgeizige Ziele für den Marktanteil gesteckt¹⁷. Die meisten Investitionen

¹¹ <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1260?s=1&r=52>

¹² <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46767>

¹³ <https://www.reuters.com/technology/japan-create-scheme-subsidise-domestic-chip-output-nikkei-2021-11-07/>

¹⁴ <https://spectrum.ieee.org/south-koreas-450billion-investment-latest-in-chip-making-push>

¹⁵ Siehe Fußnote 1.

¹⁶ [PCAST-Bericht](#) über Halbleiter 2017.

¹⁷ [Elektronikindustrie legt Plan vor, um Europa in der Mikro- und Nanoelektronik weltweit führend zu machen](#)

konzentrierten sich jedoch auf FuE und reichten nicht aus, um die umfangreichen Herausforderungen in diesem Sektor zu bewältigen. Es bedarf umfassenderer Maßnahmen und Finanzierungsprogramme sowie einer wesentlich engeren Zusammenarbeit der Akteure auf der Angebots- und der Nachfrageseite.

Die Auswirkungen der Chipknappheit auf die europäische Wirtschaft haben die Dringlichkeit weiterer Schritte aufgezeigt. Die Anstrengungen müssen jetzt beginnen, um alle einschlägigen öffentlichen und privaten Akteure zu mobilisieren, Stärken zu nutzen, Fähigkeiten zu diversifizieren, strukturelle Lücken zu schließen, neue Märkte zu erschließen und internationale Partnerschaften aufzubauen.

Am 15. September 2021 kündigte Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen in ihrer Rede zur Lage der Union¹⁸ ein Chip-Gesetz der EU an und wies auf die Notwendigkeit hin, Europas Forschungskapazitäten von Weltklasseniveau zusammenzubringen und die Investitionen der EU und der Mitgliedsstaaten entlang der Wertschöpfungskette zu koordinieren.

Im Chip-Gesetz der EU wird vorgeschlagen, auf Europas Stärken aufzubauen und noch bestehende Schwächen zu beseitigen, um ein florierendes Halbleiter-Ökosystem und eine resiliente Lieferkette zu schaffen und gleichzeitig Maßnahmen zur Vorbereitung und raschen Reaktion auf künftige Unterbrechungen der Lieferketten festzulegen.

Das Chip-Gesetz ist eine einzigartige Gelegenheit für Europa, gemeinsam in allen Mitgliedstaaten und zum Nutzen ganz Europas zu handeln. Auf kurze Sicht wird es möglich sein, künftige Chip-Krisen zu verstehen und vorherzusehen, indem sie in enger Abstimmung mit den Mitgliedstaaten angegangen werden und der Union die Instrumente an die Hand gegeben werden, die einigen gleich gesinnten Ländern bereits zur Verfügung stehen¹⁹. Kurz- bis mittelfristig wird das Gesetz die Fertigungstätigkeiten in der Union stärken und Expansion und Innovation in der gesamten Wertschöpfungskette unterstützen, was für mehr Versorgungssicherheit und ein widerstandsfähigeres Ökosystem sorgen wird. Mittel- bis langfristig wird es die technologische Führungsposition Europas stärken und gleichzeitig den Grundstein für die erforderlichen technischen Kapazitäten legen, um den Wissenstransfer vom Labor in die Fertigung zu unterstützen und Europa als Technologieführer auf innovativen nachgelagerten Märkten zu positionieren.

Diese Mitteilung gibt den Kontext vor und enthält eine Reihe von Maßnahmen zur Stärkung des europäischen Halbleiter-Ökosystems für die digitale Dekade. Zu diesem Zweck wird ihr Folgendes beigefügt:

- ein Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines widerstandsfähigen europäischen Ökosystems und zur Stärkung der technologischen Führungsposition Europas, zur Schaffung eines geeigneten Rahmens für Investitionen in die Herstellung von Chips und zur Gewährleistung einer wirksamen Koordinierung zwischen den Mitgliedstaaten und der Kommission bei der Bewältigung von Krisen auf dem Halbleitermarkt;
- eine an die Mitgliedstaaten gerichtete Empfehlung der Kommission, in der die wichtigsten in der vorgeschlagenen Verordnung vorgesehenen Maßnahmen bis zur Annahme des Vorschlags vorweggenommen und ein Governance-Rahmen vorgeschlagen wird, der

¹⁸ [Lage der Union 2021 – Streaming-Dienst der Europäischen Kommission \(europa.eu\)](#)

¹⁹ Z. B. der „Defence Production Act“ in den USA.

sofort in Gang gesetzt werden kann, um zur Überwindung der derzeitigen Engpässe beizutragen;

- ein Vorschlag für eine Verordnung des Rates zur Änderung der Verordnung (EU) 2021/2085 des Rates zur Gründung der gemeinsamen Unternehmen im Rahmen von „Horizont Europa“.

2. Europas Perspektiven und Marktchancen

2.1 Weltweite Lieferengpässe bei Halbleitern

Die derzeitigen Lieferengpässe bei Halbleitern sind das Ergebnis einer Kombination von Faktoren: eine starke und rasch wachsende Nachfrage nach Digitaltechnik, strukturelle Merkmale der Halbleiter-Lieferketten – wie lange Fertigungszyklen, die mit bedarfssynchronen Produktionsmodellen von Halbleiteranwendern zusammentreffen, oder eine mangelnde Flexibilität und übermäßige Konzentration des Angebots, die durch die COVID-19-Krise weiter verschärft wurden – sowie geopolitische Spannungen. Aufgrund der weitreichenden Digitalisierung der Wirtschaft und der Gesellschaft war die Nachfrage nach Chips bereits vor der Pandemie stark gestiegen (z. B. für 5G-Telefone und -antennen, neue Videospiele, Sensoren und Geräte für das Internet der Dinge usw.). Die Pandemie hat die Lage verschärft und die entscheidende Rolle von Chips für moderne Volkswirtschaften und Gesellschaften durch eine Reihe paralleler Entwicklungen offenbart.

Telearbeit, Heimunterricht und digitale Unterhaltung infolge von Lockdowns führten zu einem Anstieg der Nachfrage nach IT-Geräten wie PCs, Laptops und Peripheriegeräten, drahtlosen Netzen und Spielkonsolen sowie Rechenzentren, Servern und Netzwerkgeräten und so zu einem wachsenden Bedarf an den erforderlichen Chips.

Aufgrund der Pandemie und der Naturkatastrophen der letzten zwei Jahre wurde eine Reihe von Chipfabriken vorübergehend geschlossen, wodurch die globalen Halbleiter-Wertschöpfungsketten belastet wurden. Die Lieferung von Halbleitern aus Ostasien nach Europa hat sich aufgrund allgemeiner Probleme in der Lieferkette aufgrund von Verkehrsbeschränkungen weiter verlangsamt, die von Regierungen weltweit zur Bekämpfung der Pandemie verhängt wurden.

Die Planung und Nachfrageprognose der Industrie wurde schwieriger. Die Automobilhersteller gehörten zu denjenigen, die von dem Engpass besonders hart getroffen wurden. Anfang 2020 annullierten Autohersteller Chip-Bestellungen, weil die Nachfrage zurückging. Daraufhin stellten Fertigungsbetriebe verfügbare Kapazitäten für IT-Geräte bereit. Als die Nachfrage nach Fahrzeugen sich dann Ende 2020 erholte, waren die Kapazitäten der Fertigungsbetriebe bereits ausgeschöpft, sodass Automobilhersteller mit Wartezeiten von einem Jahr oder mehr konfrontiert waren²⁰. Infolgedessen wurden zahlreiche Automobilfabriken in ganz Europa und weltweit geschlossen und Beschäftigte entlassen²¹. Die europäischen Automobilhersteller haben eine Erhöhung der Chip-Produktionskapazitäten in der EU und eine geringere Abhängigkeit von ausländischen Einfuhren gefordert²². Insgesamt konnten im Vergleich zu den Daueraufträgen aufgrund der Chipknappheit im

²⁰ „[Understanding the global chip shortages](#)“, J. P. Kleinhans & J. Hess, Stiftung Neue Verantwortung (2021).

²¹ Schätzungen zufolge kosteten Lieferengpässe im Zusammenhang mit Halbleitern die Automobilindustrie im Jahr 2021 Einnahmen in Höhe von 210 Mrd. USD. [Alixpartners](#) (2021).

²² <https://www.acea.auto/message-dg/chip-shortage-auto-industry-calls-for-more-eu-made-semiconductors/>

Jahr 2021 11,3 Mio. Fahrzeuge nicht hergestellt werden²³, und in einigen Mitgliedstaaten ging die Produktion gegenüber 2019 um 34 % und somit auf das Niveau von 1975 zurück²⁴. Den Industrieausrüstungssektor traf es ebenfalls hart²⁵.

Auch durch die Handelsspannungen zwischen den USA und China verstärkten sich die Versorgungsengpässe weiter, und es wird davon ausgegangen, dass die Angst vor zusätzlichen Ausfuhrverboten durch die USA einige chinesische Unternehmen dazu veranlasst hat, Chips zu horten.

Vor allem wurde der Nachfrageanstieg nicht durch das Angebot ausgeglichen, das nicht schnell genug gesteigert werden konnte. Für jede einzelne Chipart werden Produktionsanlagen eingerichtet, ein Prozess, der mehrere Monate und mehrere Milliarden Euro in Anspruch nimmt. Außerdem gibt es nur wenige Produktionsanlagen, die zudem eng beieinanderliegen. Um die sehr hohen Investitionskosten zu decken, müssen sie stets nahezu voll ausgelastet sein, sodass nur wenig Flexibilität zur Bewältigung von Nachfragespitzen bleibt.

Insgesamt sind mehrere Wirtschaftszweige betroffen. Verzögerungen bei der Lieferung von Spezialchips für Medizinprodukte wie Überwachungsgeräte für die Intensivpflege, Herzschrittmacher, Blutzuckermonitore oder Defibrillatoren können lebensbedrohliche Folgen haben²⁶. Kreditkarten können nicht in ausreichender Zahl produziert werden, Unterhaltungselektronik ist nicht vorrätig. Strategische Sektoren wie Verteidigung, Sicherheit und Luft- und Raumfahrt sind ebenfalls bedroht. Unzuverlässige gefälschte Chips drängen langsam auf die Märkte, was die Sicherheit und Zuverlässigkeit elektronischer Geräte beeinträchtigt²⁷.

Die derzeitige Knappheit wird wahrscheinlich nicht vor 2023 oder gar 2024 abklingen. Da die Nachfrage weiter wachsen wird und die Produktionskapazitäten sich erst nach einiger Zeit konsolidieren werden, werden die Lieferengpässe bei Chips anhalten und wird der Inflationsdruck zunehmen.

2.2 Entwicklung der Halbleitermärkte und -technik

Der Wert des weltweiten Chipmarkts belief sich 2021 auf rund 550 Mrd. USD²⁸. Der Großteil der weltweiten Nachfrage entfällt heute auf Endanwendungen in der Datenverarbeitung, einschließlich PCs und Rechenzentreninfrastruktur (32 %), Kommunikation (einschließlich Mobiltelefone und Netzinfrastruktur) (31 %) und Unterhaltungselektronik (12 %). Segmente, in denen zuvor Analog- und Maschinenteknik vorherrschte und in denen Europa stark ist,

²³ Schätzungen von [AutoForecast Solutions](#).

²⁴ Quelle: [Verband der Automobilindustrie](#).

²⁵ Die Auswirkungen von Engpässen führten im Zeitraum Januar bis Oktober 2021 zu einem Defizit von 5,1 Prozentpunkten bei der EU-weiten Industrieproduktion. Ein Drittel dieses Defizits stammte aus den Sektoren Kraftfahrzeuge (0,9 %) und Maschinen und Ausrüstungen (0,8 %). <https://voxeu.org/article/impact-shortages-manufacturing-eu>

²⁶ Aus einer kürzlich durchgeführten Umfrage der Advanced Medical Technology Association geht hervor, dass zwei Drittel der Unternehmen in der Medizintechnik Halbleiter in mindestens der Hälfte ihrer Produkte verwenden. Alle Befragten haben gewisse Störungen ihrer Chip-Lieferkette bestätigt. Das Ausmaß der Verzögerungen variiert erheblich von 2 bis zu 52 Wochen und mehr. Pacemaker, Ultrasound Companies Seek Priority Amid Chip Shortage, The Wall Street Journal (2021).

²⁷ In diesem Zusammenhang wurde auf der Plenarsitzung der Konferenz staatlicher Stellen/Behörden zum Thema Halbleiter (GAMS) im November 2021 das Thema gefälschter Halbleiter erörtert.

²⁸ Nach Angaben von [IC Insights](#) lagen die Verkäufe 2021 um 26 % höher als 2020 und für 2022 wird ein Wachstum um 11 % erwartet.

wie die Automobilindustrie und die industrielle Fertigung (jeweils 12 %), weisen eine hohe Wachstumsrate auf²⁹ (Abbildung 1).

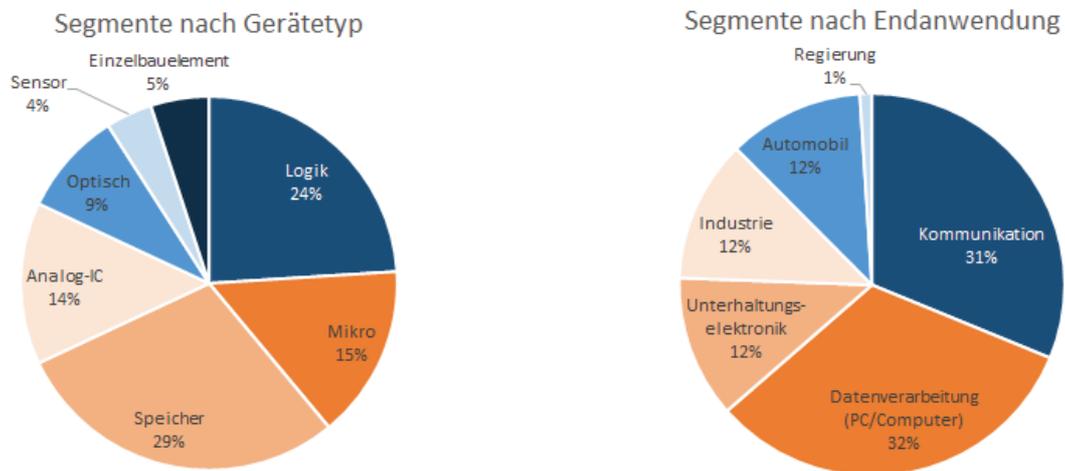


Abbildung 1: Segmente des Halbleitermarkts, nach Gerätetyp und Nachfrage im Endanwendersektor³⁰.

Aufgrund des unablässig steigenden Datenvolumens und der Integration der immer weiter wachsenden Rechenleistung, der KI und der allgegenwärtigen Internetanbindung wird der Wert des weltweiten Markts für Chips bis 2030 voraussichtlich mehr als 1 Billion USD betragen.

Die Nachfrage nach Chips wird auch durch neue Marktchancen in die Höhe getrieben, darunter:

- *Künstliche Intelligenz:* KI wird sich in vielen Sektoren stärker auswirken. Spezielle Rechner- und Sensorarchitekturen sind erforderlich, um die nötige Leistung zu erbringen, und das Segment der KI-Chips nimmt in der Mikroelektronik bei Weitem am schnellsten zu, wobei für die kommenden Jahre jährliche Wachstumsraten von über 40 % zu erwarten sind³¹.
- *Edge-Computing:* Die Datenverarbeitung verlagert sich allmählich von Cloud-Rechenzentren in die Peripherie des Netzes, wo Daten generiert werden. Die 5G-Konnektivität wird die Marktexpansion des Internets der Dinge weiter ankurbeln, und Analysten gehen davon aus, dass bis 2025 bis zu 80 % der Daten am Rande des Netzes verarbeitet werden, wodurch die jährliche Wachstumsrate der Märkte für Edge-Computing rund um das industrielle Internet der Dinge und unternehmensgenerierte Daten³² – Sektoren, in denen die EU über Kernkompetenzen verfügt – auf 35 % angekurbelt wird.

²⁹ [Factbook 2021](#) der Semiconductor Industry Association (Zahlen für 2020).

³⁰ [Quelle SIA / WSTS](#), IC Insights.

³¹ Prognosen von [Technavio](#), [Allied Market Research](#) und [Market Research Future](#).

³² [IOT Analytics](#).

- *Digitaler Wandel im Allgemeinen und Entwicklung vertikaler Märkte:* Dies steht im Mittelpunkt der Strategie für die gesamte Industrie. Bis 2025 wird eine Verzehnfachung vernetzter Geräte erwartet. Dies gilt insbesondere für Sektoren wie Fertigung und Automatisierung, Landwirtschaft, Telekommunikationsnetze, Energieinfrastruktur oder Gesundheitsdienste. So wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die Nutzung von Halbleitern im Gesundheitswesen im Zeitraum 2020–2025 jährlich um 10 % zunehmen wird³³. Auch in der Automobilbranche wächst die Nachfrage durch Elektrifizierung und autonomes Fahren: Bis 2026 dürfte der Markt für Automobilelektronik eine jährliche Wachstumsrate von fast 15 % auf 78 Mrd. USD erreichen³⁴.

Zu den relevanten Trends zählen auch maßgeschneiderte Entwürfe für bestimmte Industriezweige. Um einer Vielzahl von Anwendungsfällen in traditionellen und neu entstehenden Marktsegmenten gerecht zu werden und eine höhere Leistung zu erzielen, werden bereichsspezifische Architekturen benötigt, sodass die Nachfrage nach maßgeschneiderten Chips steigt. Der gestiegene Wert von Halbleitern bringt Anwenderunternehmen wie Online-Plattformen oder Unternehmen der Automobilbranche dazu, ihre eigenen Chips mit zu entwerfen oder sogar herzustellen.

Der Sektor wird auch von der raschen technologischen Entwicklung angetrieben, die die Miniaturisierung neue Grenzen überschreiten lässt und gleichzeitig die Rechenleistung erhöht, die Kosten senkt und den Energieverbrauch begrenzt. Maßgebliche Beispiele sind u. a.: neue Transistortechnologien wie „Gate all around“ und fortgeschrittene FD-SOI; neue Systemintegrationsarchitekturen, die die Bündelung verschiedener Chips ermöglichen; neu entstehende, wegweisende Technologien wie Quantentechnik³⁵ und neuromorphes Rechnen³⁶ sowie neue Rechnerarchitekturen auf der Grundlage fortgeschrittener Prozesskerne, einschließlich quelloffener Systeme. Darüber hinaus wird der Einsatz neuer Wafer-Materialien wie Siliziumkarbid und Galliumnitrid zu einer höheren Leistung bei Kommunikations- und Leistungselektronikanwendungen im Bereich Elektromobilität und erneuerbare Energien führen.

Schließlich wird die Verlängerung der Nutzungsdauer elektronischer Erzeugnisse durch eine auf Nachhaltigkeit und Nachrüstbarkeit ausgerichtete Entwicklung den Austauschtakt und den Bedarf an neuen Produkten senken. Material zur Herstellung von Mikrochips kann aus Elektroabfällen gewonnen werden. So ist das Recycling von Halbleitermaterialien in Verbundstoffen beispielsweise technisch möglich, wenngleich nur in geringen Mengen.

2.3 Die Position Europas

Die europäische Industrie weist viele Stärken und einige Schwächen in der Halbleiter-Wertschöpfungskette auf. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Position Europas.

Der Halbleitersektor ist durch intensive FuE-Tätigkeiten gekennzeichnet, wobei Unternehmen mehr als 15 % ihrer Einnahmen in die Forschung im Bereich Technologien der nächsten

³³ „[Semiconductor in Healthcare Market: Industry Insights, Major Key Players and Current Trends Analysis](#)“, [MarketWatch](#), 2021.

³⁴ Prognose von [Yole Développement](#).

³⁵ Quantentechnik verspricht beispiellose Rechen-, Kommunikations- und Sensorkapazitäten als eigenständige Lösungen oder in klassischen Lösungen integriert. Die ersten Komponenten auf der Grundlage von Quantentechnik sind bereits auf dem Markt.

³⁶ Neuromorphe Architekturen entsprechen der neuronalen Struktur und Funktionsweise des menschlichen Gehirns und erleichtern das Lernen der Chips im Laufe der Zeit mit erheblichen Verbesserungen der Energieeffizienz.

Generation reinvestieren. In der gesamten EU sind weltweit führende Forschungs- und Technologieorganisationen (RTO) und zahlreiche herausragende Universitäten und Forschungsinstitute ansässig. Die europäischen RTO sind Vorreiter bei der Herstellung einiger der fortgeschrittensten Chips der Welt. Die Rechenleistung der heutigen Chips ist auf die unablässige Miniaturisierung der FinFET-Verfahrenstechnik zurückzuführen, die wiederum durch die in Europa entwickelte Extrem-Ultraviolett-Lithografie (EUV-Lithografie) erleichtert wurde. Eine ergänzende Verfahrenstechnik (FD-SOI), die in Europa entwickelt und industrialisiert wurde, bietet erhebliche Leistungsvorteile im Bereich der Energieeffizienz, die für batteriebetriebene Geräte nützlich sind. Chips auf Basis von FinFET- sowie FD-SOI-Verfahrenstechnik sind in jedem Mobiltelefon vorhanden, das heute hergestellt wird.

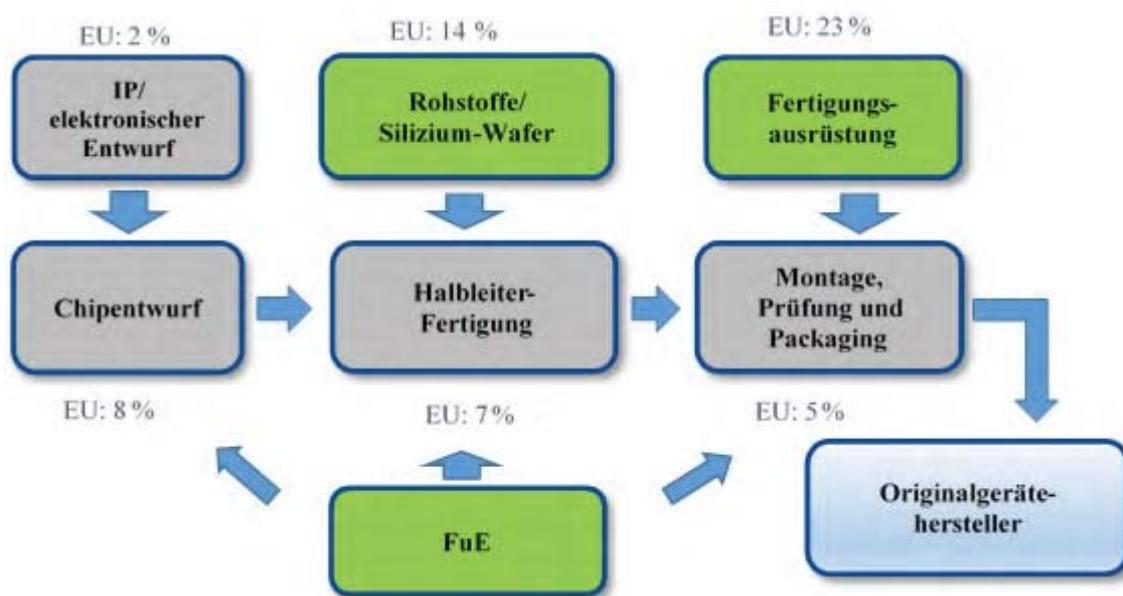


Abbildung 2: Halbleiter-Lieferkette: globale Marktanteile der EU in relevanten Segmenten

Die Herstellung von Halbleitern erfordert eine große Zahl besonderer Werkstoffe, Chemikalien und hochentwickelter Geräte, die von spezialisierten Anbietern für jede Phase des Fertigungsprozesses bereitgestellt werden. Europa ist Heimat weltweit führender Anbieter von Ausrüstungen und Rohstoffen wie Trägermaterialien und Gasen³⁷. In diesem Teil der Lieferkette sind einige europäische Anbieter von Fertigungs-ausrüstung in ihren jeweiligen Marktsegmenten sehr stark, sodass weltweit keine fortgeschrittenen Chips ohne Ausrüstung aus der EU hergestellt werden können, wie z. B. EUV-Lithografiemaschinen.

Europa verfügt auch über führende Chiphersteller, die auf den Entwurf bestimmter Halbleiterkomponenten spezialisiert sind. Die Halbleiterhersteller in der EU sind weltweit führend bei Chips für die Automobilindustrie und für Industriearüstung, zwei wachstumsstarken Märkten³⁸.

³⁷ Trotz dieser Stärken ist Europa in Bezug auf bestimmte Werkstoffe wie Fotolacke oder Siliziummetall von Drittländern abhängig. Um die Widerstandsfähigkeit bei Rohstoffen zu stärken, hat die Europäische Kommission die [Europäische Rohstoffallianz](#) (ERMA) ins Leben gerufen.

³⁸ EU-Unternehmen sind beim Entwurf von Chips für die Automobilindustrie stark, aber ein Teil der Produktion findet auch in anderen Regionen statt.

In Europa gibt es auch Industriezweige, die eine starke Anwenderbasis darstellen und die neben anderen Branchen die künftige Nachfrage ankurbeln werden, u. a. nach fortgeschrittenen Knotendichten. In Bezug auf den Trend, dass Halbleiterunternehmen Chips zunehmend gemeinsam mit Endanwenderunternehmen entwerfen, um die Systemleistung zu verbessern, besteht in Europa Verbesserungspotenzial.

Trotz dieser Stärken liegt der Anteil der EU an den weltweiten Einnahmen auf dem Markt für Halbleiterchips heute bei rund 10 %, während er in den 90er Jahren mehr als 20 % betrug³⁹. Die Fertigung in Europa ging zum Teil aufgrund des Fehlens großer Rechenunternehmen und des Niedergangs von Mobiltelefonherstellern zurück, sodass die sehr umfangreichen Investitionen sich nicht rechtfertigen ließen. Die hohen Fertigungskosten führten auch dazu, dass die Produktion nach Asien ausgelagert wurde, wo die Kosten niedriger sind und die öffentliche Hand mehr Unterstützung bietet. In den letzten Jahren hat die europäische Halbleiterindustrie wieder in die Fertigung investiert, jedoch nicht genug, um dem in Zukunft erwarteten Wachstum standhalten zu können.

Die meisten Unternehmen betreiben ihre Geschäftstätigkeit heute ohne eigene Fertigungsanlagen („fables“) oder mit begrenzten Fertigungsanlagen im eigenen Hause („fab-lite“), sodass sie ihre gesamte Fertigung oder einen Teil davon in Fertigungsbetriebe auslagern. Die europäischen Chiphersteller haben sich auf die Produktion für die Märkte konzentriert, auf denen sie stark sind, wie z. B. im analogen Bereich und in Bereichen, in denen bisher keine Spitzenknotendichten wie in der Datenverarbeitung und der Kommunikation erforderlich sind. Auch wenn Ausrüstung für die Fertigung von Knotendichten unter 7 nm ausschließlich in Europa hergestellt wird, gibt es in Europa dennoch keine Fertigungsbetriebe, die Prozessknoten von unter 22 nm herstellen, während die Märkte der Zukunft zunehmend auf Chips mit 5 nm-Prozessknoten und darunter umsteigen werden. Was die Montage, Prüfung und das Packaging von Chips betrifft, so wurden diese Schritte traditionell nach Ostasien ausgelagert.

Angesichts von Milliarden Transistoren in einem einzigen Chip können Hunderte von Ingenieuren mehrere Jahre lang an einem neuen Entwurf arbeiten, wenn sie dabei externe IP-Software und elektronische Entwurfsautomatisierung nutzen. Die wichtigsten Anbieter solcher Software sind außerhalb Europas ansässig. In der gesamten Union gibt es jedoch beträchtliche Talente im Bereich der Chipentwicklung, und in jüngster Zeit sind immer mehr kleine europäische Unternehmen in der Entwicklung fortgeschrittener Prozessoren und Beschleuniger tätig, insbesondere für KI-Chips.

3. Eine Chip-Strategie für die digitale Dekade

3.1 Europas Vision und strategische Ressourcen für ihre Verwirklichung

Angesichts der zentralen Rolle, die Chips in der digitalen Wirtschaft spielen, ihrer geopolitischen Dimension und der derzeitigen starken Konzentration der Produktionskapazitäten muss die Union ihr Halbleiter-Ökosystem dringend stärken, seine Widerstandsfähigkeit sowie die Versorgungssicherheit erhöhen und ihre externen Abhängigkeiten verringern.

Im Dezember 2020 unterzeichneten 22 Mitgliedstaaten eine *Erklärung über eine europäische*

³⁹ Quelle [DECISION / Carsa](#).

*Initiative für Prozessoren und Halbleitertechnologien*⁴⁰. Sie nahmen zur Kenntnis, dass der Anteil Europas am weltweiten Halbleitermarkt deutlich unter seiner wirtschaftlichen Stellung liegt. Sie kamen überein, „besondere Anstrengungen zu unternehmen, um das Prozessor- und Halbleiter-Ökosystem zu stärken und die industrielle Präsenz in der gesamten Lieferkette auszubauen, um die wichtigsten technologischen, sicherheitspolitischen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu bewältigen“. Auf dieser Grundlage wurde in dem im März 2021 veröffentlichten Digitalen Kompass der Kommission⁴¹ **das Ziel festgelegt, dass bis 2030 die „Produktion hochmoderner und nachhaltiger Halbleiter in Europa ... mindestens 20 % der Weltproduktion ausmachen“ soll.** Im Vorschlag für das Politikprogramm für 2030 „Weg in die digitale Dekade“⁴² wurde dieses Ziel bekräftigt.

Europa verfügt über sehr starke Ressourcen, die diversifiziert und über viele Mitgliedstaaten verteilt sind, und kann diese ehrgeizige Vision mit den notwendigen Anstrengungen und einer kritischen Masse an Investitionen sowohl seitens des öffentlichen als auch des privaten Sektors untermauern.

Europa muss und kann angesichts der großen positiven Ausstrahlungseffekte, die der Sektor auf die gesamte Wirtschaft und viele Bereiche von öffentlichem Interesse hat, Investitionen in noch nie dagewesenem Umfang mobilisieren. Umfangreiche öffentliche Investitionen werden von entscheidender Bedeutung sein, um ein großes Investitionsvolumen aus dem privaten Sektor anzuziehen, das im Falle europäischer Unternehmen bereits bei rund 6 Mrd. EUR pro Jahr liegt. Höhere Investitionen in Halbleiter werden allen Industriezweigen und der Gesellschaft insgesamt zugutekommen und allen Mitgliedstaaten Vorteile bringen.

Eine noch engere Zusammenarbeit wird ein weiterer Faktor für den Erfolg sein. Europa muss und kann all seine Talente und Ressourcen mobilisieren. Viele der einschlägigen öffentlichen und privaten Interessenträger arbeiten bereits im Gemeinsamen Unternehmen für digitale Schlüsseltechnologien eng zusammen⁴³. Dies muss verstärkt und weiter ausgebaut werden, um durch auf die gemeinsamen Interessen der Mitgliedstaaten ausgerichtete europäische Projekte alle Akteure der Wertschöpfungskette und die Führungskräfte der Forschungsgemeinschaft einzubeziehen.

Außerdem sollte der Wert, den Europa der Sicherheit, einschließlich der kritischen Infrastrukturen, dem Datenschutz und der Energieeffizienz beimisst, z. B. durch die Anwendung von Zertifizierungsanforderungen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge genutzt werden, die zur Ankurbelung der Nachfrage beitragen können.

Europa ist zwar dank wichtiger Organisationen auf dem gesamten Kontinent führend in der Forschung, muss und kann aber die Lücke vom Labor zur Fertigung schließen, indem es seine Stärken in folgenden Bereichen nutzt: i) Ausrüstung und Werkstoffe, ii) Systemlösungen und Systemintegration, iii) starke Präsenz in wachstumsstarken Marktsegmenten wie Automobilindustrie, Medizintechnik, Kommunikation, Energie und Maschinenbau sowie iv)

⁴⁰ [Gemeinsame Erklärung der Mitgliedstaaten zur europäischen Initiative für Prozessoren und Halbleitertechnik | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas \(europa.eu\)](#).

⁴¹ COM(2021) 118.

⁴² COM(2021) 574.

⁴³ Das Gemeinsame Unternehmen für digitale Schlüsseltechnologien (<https://www.kdt-ju.europa.eu>) wurde im November 2021 ins Leben gerufen. Es handelt sich um eine trilaterale Anstrengung von Kommission, Teilnehmerstaaten (Mitgliedstaaten und assoziierte Länder) und Industrie. Das Unternehmen mobilisiert bis 2027 öffentliche Investitionen in Höhe von bis zu 3,6 Mrd. EUR (EU und Teilnehmerstaaten). Darüber hinaus ist vorgesehen, dass die privaten Akteure in gleicher Höhe investieren.

Forschung und akademische Exzellenz, in denen die technologischen Kapazitäten weiter ausgebaut werden sollten. Der Erfolg hängt entscheidend von gemeinsamen Anstrengungen und einer engen Zusammenarbeit aller Seiten ab – Industrie entlang der Wertschöpfungskette, öffentlicher Sektor und Forschungseinrichtungen.

Schließlich muss Europa seine Anstrengungen auf die künftigen Chancen konzentrieren. Dazu muss es erstens untersuchen, was der Wachstumsmarkt und die Kreislaufwirtschaft benötigen, d. h. Komponenten mit niedrigem Stromverbrauch, eine neue Generation von Prozessoren, die leistungsfähiger und an die Datenanalyse angepasst sind, KI- und Edge-Computing-Komponenten, Hochfrequenz- und 5G/6G-Komponenten für die Terabit-Kommunikation sowie stärker integrierte Leistungselektronik, einschließlich Recyclingfähigkeit und allgemeinerer Nachhaltigkeitsaspekte. Zweitens muss Europa den Schwerpunkt darauf legen, wie die Technik diesen Erfordernissen gerecht wird: 2 nm und darunter in FinFET und GAA-FET sowie unter 10 nm in FD-SOI, Quantentechnik, neuromorphes Rechnen, aber auch EUV-Lithografie für die Produktion. Europa muss seine Fähigkeiten in diesen Bereichen ausbauen, technologische Entwicklungen und ihre Industrialisierung vorantreiben, Investitionen mobilisieren und die Einführung dieser neuen Technologien durch die europäische Industrie, insbesondere durch KMU, erleichtern, damit es im Technologiewettbewerb wettbewerbsfähig bleibt, auch in Branchen, die traditionell stärker auf ausgereifte Chips ausgerichtet sind.

3.2 Strategische Ziele

Um dieser Vision gerecht zu werden, ist die europäische Chip-Strategie auf die folgenden fünf strategischen Ziele ausgerichtet:

Erstens sollte Europa seine **Führungsrolle in Forschung und Technologie** stärken. Dies ist eine unabdingbare Voraussetzung für den Erhalt der derzeitigen Ressourcen Europas in mehreren bahnbrechenden Technologiebereichen, unter anderem in der Gerätefertigung und bei fortgeschrittenen Werkstoffen, die für den Bau von allen Sektoren zugutekommenden Produktionsanlagen der nächsten Generation erforderlich sind.

Zweitens sollte Europa seine **eigenen Innovationskapazitäten in den Bereichen Entwurf, Fertigung und Packaging fortgeschrittener, energieeffizienter und sicherer Chips auf- und ausbauen und sie in gefertigte Produkte umwandeln**. Dies wird langfristig die Versorgung mit Chips gewährleisten, den Bedürfnissen der Industrie und des öffentlichen Sektors gerecht werden und Innovationen in der Wirtschaft insgesamt fördern. Hierfür sind Investitionen in Pilotanlagen sowie in fortgeschrittene Entwurfs-, Test- und Versuchsanlagen und -instrumente von entscheidender Bedeutung. Den Akteuren der Lieferkette wird offener und diskriminierungsfreier Zugang zu den Pilotanlagen gewährt; als einzigartige Einrichtungen von Weltrang werden sie Europa zu einem starken Partner auf der Weltbühne machen und eine solide Grundlage für die Stärkung der internationalen Zusammenarbeit bilden.

Drittens sollte Europa einen **angemessenen Rahmen schaffen, um seine Produktionskapazität bis zum Jahr 2030 erheblich zu steigern**. Da sich der Markt bis 2030 verdoppeln dürfte, ist eine Vervierfachung der Produktion erforderlich, um Europas Ziele zu erreichen. Dies ist nicht nur eine Mengenfrage. Es geht auch darum, dass Europa in die Lage versetzt wird, die fortgeschrittensten Chips herzustellen, den Bedürfnissen der Anwender gerecht zu werden und den Zugang zu den Märkten zu diversifizieren, insbesondere denjenigen, in denen Europa derzeit nicht vertreten ist. Gleichzeitig soll sichergestellt werden, dass bei der Chipproduktion auch ihr möglicher ökologischer Fußabdruck berücksichtigt wird. Darüber hinaus muss die Versorgungssicherheit gestärkt werden, insbesondere in kritischen Sektoren wie jenen, die für die öffentliche Sicherheit

relevant sind. Dazu muss Europa Investitionen in Produktionsanlagen auf seinem Hoheitsgebiet anziehen, die sowohl von innerhalb als auch außerhalb der Union stammen können, und die richtigen Bedingungen sowie einen günstigen Rahmen für private Investitionen schaffen.

Viertens sollte Europa den **akuten Fachkräftemangel angehen, neue Talente anziehen und das Heranbilden qualifizierter Arbeitskräfte unterstützen**, da der derzeitige Mangel die Anstrengungen zur Stärkung des Ökosystems einschränkt.

Insgesamt sollte Europa **ein umfassendes Verständnis der globalen Halbleiter-Lieferketten entwickeln**, um deren Funktionsweise zu überwachen, künftige Trends zu verstehen, Störungen vorherzusehen, internationale Partnerschaften auf der Grundlage ausgewogenerer Fähigkeiten und beidseitigen Interesses aufzubauen, rechtzeitig zu reagieren, um zu verhindern, dass internationale Lieferketten unterbrochen werden, und die EU erforderlichenfalls in die Lage zu versetzen, geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Um all dies zu erreichen, sollte die Union eng mit den Mitgliedstaaten und allen einschlägigen öffentlichen und privaten Interessenträgern zusammenarbeiten, um die Anstrengungen zu koordinieren, Wissen und Ressourcen zu bündeln und ein dynamisches und widerstandsfähiges Halbleiter-Ökosystem in Europa zu schaffen. Darüber hinaus sollte die Union angesichts der globalisierten Halbleiter-Wertschöpfungskette starke internationale Partnerschaften eingehen, insbesondere mit gleich gesinnten Partnern. Dies wird die Koordinierung verbessern und mögliche Zielkonflikte minimieren. Solche Partnerschaften werden eine genaue Bewertung der Politik von Drittländern in diesem Sektor sowie gemeinsame Ansätze zur Bewältigung der Versorgungsprobleme ermöglichen, unter anderem durch für alle Seiten vorteilhafte Diversifizierungsstrategien.

Durch die Umsetzung der vorstehenden Ausführungen sollte Europa ein dynamisches Ökosystem in der gesamten EU zum Vorteil aller Mitgliedstaaten aufbauen können, das Investitionen in Produktion, Entwurf und FuE sowie die besten Talente weltweit anzieht, die in der Lage sein werden, die Vision Wirklichkeit werden zu lassen. Diese Entwicklungen werden die Fähigkeit Europas stärken, seine Umweltziele zu erreichen, den digitalen und den ökologischen Wandel zu beschleunigen und gleichzeitig die Sicherheit der Union zu verbessern. Dies erfordert jetzt entschlossenes Handeln, weshalb die Kommission, wie in dieser Mitteilung dargelegt, ein Maßnahmenpaket vorschlägt.

3.3 Verwirklichung der ehrgeizigen Ziele

In der europäischen Chip-Strategie wird eine Reihe von Maßnahmen und Initiativen in Verbindung mit erheblichen Investitionen zur Verwirklichung der oben dargelegten Vision und Ziele skizziert.

Das Gesamtvolumen der politikorientierten Investitionen⁴⁴ zur Unterstützung des Chip-Gesetzes der EU wird auf der Grundlage der bisherigen Zusagen auf über 43 Mrd. EUR bis 2030 geschätzt. Dies wird wahrscheinlich weitere langfristige private Investitionen in einem entsprechenden Volumen anziehen und anschieben.

Die öffentlichen Investitionen umfassen 11 Mrd. EUR, die im Rahmen der Initiative „Chips für Europa“⁴⁵ zur Finanzierung der technologischen Führungsposition in Bezug auf

⁴⁴ Öffentliche Investitionen und angeschobene Eigenkapitalunterstützung

⁴⁵ Einschließlich des Gemeinsamen Unternehmens für digitale Schlüsseltechnologien.

Forschung, Entwurfs- und Fertigungskapazitäten bis 2030 dienen sollen. Dazu müssen die Investitionen der Union und der Mitgliedstaaten gebündelt werden. Und auch private Akteure sollen hierzu einen Beitrag leisten. Dies wird durch Eigenkapitalunterstützung für Start-ups, Scale-ups und andere Unternehmen in der Lieferkette mithilfe von Tätigkeiten im Rahmen der Investitionsfazilität, die insgesamt als „Chip-Fonds“ bezeichnet werden, mit einem geplanten Gesamtinvestitionswert von mindestens 2 Mrd. EUR ergänzt werden. Die Kombination dieser unterschiedlichen Maßnahmen sollte direkt öffentliche und private Investitionen von weiter über 15 Mrd. EUR nach sich ziehen. Dies wird die Darlehen ergänzen, die die EIB dem gesamten Halbleiter-Ökosystem anbieten kann.

Darüber hinaus können die Mittel der Mitgliedstaaten für die Chip-Initiative auch aus Maßnahmen zur Förderung der Mikroelektronik in ihren Aufbau- und Resilienzplänen oder aus nationalen oder regionalen Fonds stammen. Die Mitgliedstaaten können auch die Verwendung ungenutzter Darlehenskapazität im Rahmen der Aufbau- und Resilienzfazilität für weitere Unterstützung in Betracht ziehen.

Die Mitgliedstaaten planen beispielsweise bereits Investitionen in ein neues wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI), mit dem grenzüberschreitende innovative Projekte entlang der Mikroelektronik-Wertschöpfungskette unterstützt werden sollen, unter anderem durch die Aufbau- und Resilienzfazilität und die Strukturfonds. Diese Investitionen ergänzen die künftige Unterstützung für die Errichtung großer Fertigungsanlagen.

Die oben genannten Investitionen werden bestehende Programme und Maßnahmen für Forschung und Innovation im Bereich Halbleiter wie Horizont Europa und das Programm „Digitales Europa“ ergänzen. Im Hinblick auf die Unterstützung der technologischen Führungsposition wird der Anwendungsbereich des Programms „Digitales Europa“ erweitert. Darüber hinaus wird das Gemeinsame Unternehmen für digitale Schlüsseltechnologien gestärkt und auf die Ziele der europäischen Chip-Strategie ausgerichtet und in „Gemeinsames Unternehmen für Chips“ umbenannt. Das gemeinsame Unternehmen wird die Bemühungen zur Bündelung der finanziellen und technischen Mittel intensivieren, die wesentlich sind, um das zunehmende Innovationstempo im Bereich Halbleiter zu bewältigen, umfassende Ausstrahlungseffekte auf die Gesellschaft zu erzeugen und gemeinsam Risiken zu tragen, indem Strategien und Investitionen auf ein gemeinsames europäisches Interesse abgestimmt werden. Es wird mit den Mitgliedstaaten zusammenarbeiten, um eine kohärente Abstimmung mit den nationalen Programmen zu erleichtern, und innovative Großprojekte unterstützen. Die Gestaltung des Unternehmens ist auf die gemeinsamen Interessen der Mitgliedstaaten am Ausbau der Infrastruktur und der Kapazitäten zum Nutzen der Akteure der Wertschöpfungskette in der gesamten Union ausgerichtet. Sein Erfolg kann daher nur auf gemeinsamen Anstrengungen der Mitgliedstaaten und der Union beruhen, um sowohl zu den beträchtlichen Kapitalkosten beizutragen als auch die breite Verfügbarkeit virtueller Entwurfs-, Test- und Pilotressourcen sowie die Verbreitung von Kenntnissen, Fertigkeiten und Kompetenzen zu unterstützen. Im Rahmen seines erneuerten Auftrags wird das gemeinsame Unternehmen zum Leuchtturm der Bemühungen der Union im Bereich Halbleiter werden.

In den folgenden Abschnitten werden die spezifischen Maßnahmen und Initiativen zur Erreichung der Ziele beschrieben.

3.3.1 Führende Rolle in Forschung, Innovation und Gerätefertigung

Um seine Führungsrolle in Forschung und Innovation sowie in der Gerätefertigung zu erhalten und zu stärken, hat Europa bereits geplant, im Rahmen des Programms Horizont Europa in Technologien der nächsten Generation zu investieren.

Künftige Forschungstätigkeiten, die im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens für Chips unterstützt werden sollen, werden dazu beitragen, dem künftigen Bedarf der vertikalen Industrien besser gerecht zu werden und sicherzustellen, dass gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen angegangen werden. Die Forschungsanstrengungen werden sich beispielsweise auf Technologien zur Erreichung von Transistorgrößen unter 2 nm, bahnbrechende KI-Technologien, energieeffiziente Prozessoren mit ultrageringem Stromverbrauch, neuartige Werkstoffe⁴⁶ sowie die 3D-Integration verschiedener heterogener Werkstoffe und neue Entwurflösungen konzentrieren, beispielsweise auf der Grundlage der quelloffenen Rechnerarchitektur RISC-V.

Das gemeinsame Unternehmen kann auch mit anderen einschlägigen europäischen Partnerschaften zusammenarbeiten, die sich z. B. mit Werkstoffen, Fertigung, intelligenten Netzen und Gesundheitsversorgung oder Industrien befassen, die Chips verwenden.

Darüber hinaus unterstützt die mit 1 Mrd. EUR ausgestattete Leitinitiative zur Quantentechnik⁴⁷ im Rahmen von Horizont Europa die Erforschung von Quantenchips angesichts ihres bahnbrechenden Potenzials für komplexe Rechenaufgaben oder im Bereich der ultrasicheren Kommunikation.

Weitere Unterstützung für industrielle Forschung und Innovation wird von den Mitgliedstaaten durch wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI) bereitgestellt. Ein zweites IPCEI, das sich mit Mikroelektronik befasst, wird derzeit vorbereitet⁴⁸. An dem IPCEI dürften sich mehr als 100 künftige Teilnehmer aus etwa 20 Mitgliedstaaten beteiligen. Alle wichtigen Marktsegmente werden angesprochen mit besonderem Schwerpunkt auf Innovationen in Bereichen wie KI-Prozessoren, Edge-Computing, Elektromobilität, Sicherheit und Energieeffizienz. Das IPCEI umfasst auch Projekte in der Kommunikation, einem wichtigen vertikalen Markt, der die europäischen Kompetenzen im Bereich der 5G- und 6G-Technik stärken würde. Bei den Projekten wird ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, der die gesamte Halbleiter-Lieferkette einbezieht.

3.3.2 Führende Rolle bei Entwurf, Fertigung und Packaging

Eine neue Initiative namens „Chips für Europa“ wird darauf abzielen, die Halbleitertechnik und Innovationskapazitäten in der EU zu stärken und mittel- bis langfristig eine Spitzenposition in diesem Bereich zu sichern. Sie wird die Verbreitung von fortschrittlichen Halbleiter-Entwurfswerkzeugen, Pilotanlagen für die nächsten Chipgenerationen und Prüfanlagen für innovative Anwendungen neuester Halbleitertechnologien in ganz Europa

⁴⁶ Am 7. Februar 2022 legten wichtige Akteure von Industrie- und Forschungsorganisationen das „Manifesto proposing a Systemic Approach of Advanced Materials for Prosperity: a 2030 Perspective“ vor, in dem betont wird, dass die neue Generation von Halbleitermaterialien neue „Innovationsmärkte“ in Europa ankurbeln wird.

⁴⁷ Die Leitinitiative zur Quantentechnik ist eine langfristige Forschungsinitiative zur Entwicklung von Quantentechnologien wie Quanteninformatik und -simulation, Quantenkommunikationsnetzen sowie Quantenerkennung und Metrologie.

⁴⁸ https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/ipcei-microelectronics-major-step-more-resilient-eu-chips-supply-chain_en

sicherstellen. Sie wird ferner die Technologie- und Konstruktionskapazität für Quantenchips fördern durch den Bau fortschrittlicher Technologie- und Konstruktionskapazitäten in diesem Bereich.

Die Initiative wird auf Europas Spitzenposition in der Forschung aufbauen und diese erweitern, und zwar auch auf den Fähigkeiten der europäischen Forschungs- und Technologieorganisationen (RTO) und von großen Produktionsausrüstungsanbietern, integrierten Entwurfs- und Fertigungsunternehmen⁴⁹ und intensiven Anwendungsbranchen.

Dieses Initiative wird Investitionen aus der Union und den Mitgliedstaaten bündeln, um zusätzliche Investitionen privater Anleger anzuschieben. Dieses Unterfangen ergänzt die bereits geplanten Forschungstätigkeiten, deren Ergebnisse kontinuierlich in die Pilotanlagen und die Entwurfsinfrastruktur einfließen werden. Die Initiative wird dazu beitragen, die vereinzelt Bemühungen zu konsolidieren und erheblich auszuweiten, um die Lücke zwischen Forschungslabor und Fabrik zu überbrücken und das zukunftssichere Ökosystem für die Umsetzung der europäischen FuI-Exzellenz in industrielle Innovationskapazität zu schaffen.

Die Initiative wird ein dynamisches und resilientes Halbleiter-Ökosystem in Europa fördern, zu dem auch Technologieinnovationsakteure sowie Liefer- und Anwenderbranchen gehören, und die frühzeitige Einführung und die Nutzung der Vorteile in ganz Europa unterstützen. Ein entscheidender Erfolgsfaktor wird die enge Zusammenarbeit zwischen den Akteuren der Angebots- und der Nachfrageseite sein. Die Europäische Allianz für Prozessoren und Halbleitertechnik⁵⁰ wird, zusammen mit anderen einschlägigen Interessenträgern, eine beratende Rolle für die Initiative wahrnehmen.

Die Umsetzung der neuen Initiative „Chips für Europa“ erfolgt hauptsächlich durch das „Gemeinsame Unternehmen für Chips“. Die Zusammenführung von FuI-Tätigkeiten und Kapazitätsaufbau im Rahmen der Initiative „Chips für Europa“ in diesem gemeinsamen Unternehmen wird aufgrund von Synergien zwischen der Initiative und dem Gegenstandsbereich und den Zielen des bestehenden gemeinsamen Unternehmens von beiderseitigem Nutzen sein.

Entwurfsstrategie

Das Entwerfen ist eine Schlüsselkompetenz in der Halbleitertechnik, damit neuartige Systeme für unterschiedliche Anwendungen und Nutzerbedürfnisse entwickelt werden können. Um Europas Innovationskapazität bei Entwurf, Fertigung und Packaging fortgeschrittener Chips zu stärken, wird über eine virtuelle, überall in Europa zugängliche Plattform eine großmaßstäbliche *Entwurfsinfrastruktur für integrierte Halbleitertechnik* errichtet werden. Interessenträger, einschließlich innovativer KMU und RTOs, werden Zugang zur Entwurfsinfrastruktur mit klaren Vorschriften hinsichtlich der geistigen Eigentumsrechte haben.

Diese Plattform wird auf bestehenden und neuen Bibliotheken von Entwürfen mit einer Vielzahl von Spitzen- und neuen Technologien aufbauen. In Kombination mit vorhandenen EDA-Werkzeugen (Electronic Design Automation) können mit der Plattform neue Bauteile und Systeme entworfen werden, die neue Funktionalitäten aufweisen wie geringer Energieverbrauch, Sicherheit sowie neue Systemintegrations- und 3D-Montagemöglichkeiten. Sie wird kontinuierlich um neue Entwurfskapazitäten erweitert, da sie mehr und mehr auch

⁴⁹ Halbleiterunternehmen, die Chips zum Verkauf an ihre Kunden entwerfen und fertigen.

⁵⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/alliance-processors-and-semiconductor-technologies>

quelloffene Technologien und Entwürfe für Prozessoren enthalten wird. Die auf innovative Entwürfe abzielenden Anforderungen erstrecken sich auch auf die Haltbarkeit und Nachrüstbarkeit elektronischer Produkte.

Die Allianz und das Gemeinsame Unternehmen für Chips werden Chiphersteller und -nutzer zusammenbringen, um spezielle Prozessoren für Bereiche wie industrielle Automatisierung, Automobile oder Kommunikation zu entwerfen und entwickeln. Mit dabei sind auch viele KMU in Europa, die an der Entwurfsfront tätig sind. Die internationale Zusammenarbeit wird auch für den Zugang zu modernsten Entwurfswerkzeugen wichtig sein. Die Plattform wird eine umfassende Zusammenarbeit von Nutzergemeinschaften mit Entwurfszentren, Urhebern, Werkzeuganbietern, Entwicklern und RTOs anregen und dazu beitragen, dass das geistige Eigentum an kommenden Chipgenerationen aus Europa kommt.

Pilotanlagen für die Vorbereitung innovativer Produktion sowie für die Prüfung und Erprobung

Die mittleren Abschnitte der Produktentwicklung von Chips können sehr kostspielig sein und große Risiken bergen, sodass sie zu echten „Nadelöhren“ für die Industrialisierung werden. Im Rahmen der Initiative werden daher erweiterte *Pilotanlagen* für Prototypen und die Förderung von Innovationen errichtet und genutzt, um die Brücke von der Demonstration in einem Labor bis zur Produktion in einer Fertigungsstätte zu schlagen.

Die Initiative wird auf bestehenden Pilotanlagen aufbauen und eine Infrastruktur entwickeln, mit der neue fortschrittliche Technologien einen höheren Reifegrad erlangen können und so eine schnellere Übernahme durch die Industrie und Vermarktung erleichtert wird. Diese modernsten Anforderungen entsprechenden Anlagen bieten der Industrie die Mittel zur Prüfung, Erprobung und Validierung von Prototypen neuartiger Systementwürfe mit bahnbrechenden Technologien wie z. B. Quanten-, KI- oder neuromorphen Technologien sowie neuen Funktionalitäten wie Sicherheit und Energieeffizienz. So erhalten Entwickler unmittelbar Feedback und können ihre Entwürfe verfeinern und verbessern, bevor sie in die Fertigung gehen. Dadurch kann der Entwicklungszyklus erheblich verkürzt werden.

Im Rahmen der Initiative wird die Entwicklung neuer Pilotanlagen unterstützt, beispielsweise die Anlagen für FD-SOI (10 nm und dünner), für hochleistungsfähige Knoten (dünner als 2 nm) und für die Integration heterogener dreidimensionaler Systeme und fortgeschrittenes Packaging. Diese Pilotanlagen werden europäisches geistiges Eigentum in den Bereichen Produktionstechnologie sowie fortschrittliche Fertigungsausrüstung und Werkstoffe fördern. Sie werden Partnerschaften mit Ausrüstungsanbietern bei der Entwicklung fortgeschrittener Technologien stärken und Industrieprojekte unterstützen, deren Schwerpunkt auf dem Übergang von Prototypen vom Labor zur Fabrik, der Validierung von Konzeptnachweisen und dem Technologietransfer zu Produktionslinien liegt. Diese Pilotanlagen – und insbesondere die Anlage für FD-SOI – werden die Entwicklung äußerst energieeffizienter Chips ermöglichen, die für den ökologischen Wandel in Branchen wie Automobilindustrie, IKT oder Mobilität von zentraler Bedeutung sind.

Pilotanlagen und die vorgenannte Entwurfsplattform werden miteinander verknüpft, damit die Entwicklungsgemeinschaft Technologieoptionen in den Pilotanlagen erproben und validieren kann, bevor diese vermarktet werden. So wird sichergestellt, dass neue Chip- und Systemmodelle das Potenzial neuer Technologien voll ausschöpfen und Spitzeninnovationen darstellen.

Diese Technologieinfrastruktur ist von grundlegender Bedeutung für die Erweiterung der Kenntnisse, Kompetenzen und Kapazitäten in Europa, mit denen die Innovationslücke zwischen Forschung und kommerzieller Fertigung geschlossen werden kann und sowohl die

Nachfrage als auch die Fertigung in Europa bis Ende des Jahrzehnts gesteigert werden können⁵¹. Durch die kombinierte Entwicklung der verschiedenen Pilotanlagen lassen sich starke Synergien erzielen, etwa durch ein europäisches Chip-Industriekonsortium, das den Beitrag der Union mit den kollektiven Ressourcen der Mitgliedstaaten und anderer Teilnehmer zusammenführt.

Auch die Quantentechnologie ist eine äußerst vielversprechende neue Technologie für die Informatik, Kommunikation und Sensorik. Im Rahmen der Initiative wird der Aufbau von Technologie- und Konstruktionskapazitäten unterstützt, um die Entwicklung von Quantenchips (Chips, die quantenphysikalische Effekte nutzen) zu beschleunigen. In diesem Kontext werden Pilotanlagen für Quantenchips und für deren Prüfung und Erprobung entwickelt.

Zertifizierung von Chips

Künftige intelligente Geräte, Systeme und Konnektivitätsplattformen sind auf fortgeschrittene Elektronik angewiesen und sie müssen Anforderungen an die Energieeffizienz, Vertrauenswürdigkeit und Cybersicherheit erfüllen, was weitgehend von den Merkmalen der zugrundeliegenden Technologie abhängen wird. Die Mitgliedstaaten haben bereits vereinbart, bei der Entwicklung gemeinsamer Normen und gegebenenfalls einer Zertifizierung für vertrauenswürdige Elektronik sowie allgemeiner Anforderungen für die Beschaffung sicherer Chips und eingebetteter Systeme in Anwendungen, die auf Chiptechnologie beruhen oder diese umfassend nutzen, zusammenzuarbeiten.

In Anbetracht der weltweit führenden Stellung in der Entwicklung grüner, vertrauenswürdiger und sicherer Chips⁵² sind Referenzzertifizierungsverfahren für bestimmte kritische Sektoren und Technologien mit potenziell hoher sozialer Wirkung erforderlich. Die Zertifizierung dieser Chips als grün, vertrauenswürdig und sicher sollte die Wertschöpfungskette bis hin zur Integration in Endprodukte abdecken und würde bei der Vergabe öffentlicher Aufträge berücksichtigt und in internationalen Normungstätigkeiten gefördert

Die Kommission wird in Absprache mit öffentlichen und privaten Interessenträgern, auch über die Allianz für Prozessoren und Halbleitertechnik, die Sektoren und Produkte, für die die Aspekte grün, vertrauenswürdig und sicher von Belang und daher Zertifizierungsverfahren erforderlich sind, ermitteln und priorisieren unter Berücksichtigung der rechtlichen Anforderungen aus harmonisierten Unionsrechtsvorschriften und die einschlägigen Tätigkeiten innerhalb des europäischen Cybersicherheitszertifizierungsrahmens⁵³.

3.3.3 Stärkung des europäischen Ökosystems und Gewährleistung der Versorgungssicherheit

Investitionen in neue fortschrittliche Produktionsanlagen sind unerlässlich, um die Versorgungssicherheit und die Resilienz der Lieferkette in der Union zu sichern und gleichzeitig signifikante positive Auswirkungen auf die Wirtschaft insgesamt zu erzielen.

⁵¹ Die Investitionen in Entwurfsinfrastruktur und Pilotanlagen müssen unter Umständen von Mitgliedstaaten kofinanziert werden, wobei gegebenenfalls die Vorschriften über staatliche Beihilfen einzuhalten sind.

⁵² 2020 stellte eine Gruppe führender EU-Hersteller eine Reihe von Zertifikaten auf der Grundlage einheitlicher Kriterien aus.

⁵³ Verordnung (EU) 2019/881 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 über die ENISA (Agentur der Europäischen Union für Cybersicherheit) und über die Zertifizierung der Cybersicherheit von Informations- und Kommunikationstechnik und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 526/2013 (Rechtsakt zur Cybersicherheit) (Text von Bedeutung für den EWR).

Positive Auswirkungen sind dann gegeben, wenn sich die Produktion in Richtung fortschrittlicherer Technologien (z. B. Skalierung, funktionale Integration oder Leistung einschließlich Gesamtenergieeffizienz) entwickelt und innovative Technologieprozesse eingeführt werden.

Private Investitionen in diese fortschrittlichen Anlagen dürften wahrscheinlich erhebliche öffentliche Unterstützung erfordern. Angesichts der extrem hohen Marktzutrittsschranken und der Kapitalintensität des Sektors erkennt die Kommission an, dass in den Fällen, in denen die öffentliche Förderung staatliche Beihilfen umfasst, die nicht unter die geltenden Leitlinien fallen, eine Einzelfallprüfung erforderlich ist. In solchen Fällen kann es, wie in der Mitteilung „Eine Wettbewerbspolitik für neue Herausforderungen“⁵⁴ bereits angekündigt, gerechtfertigt sein, eine nachgewiesene Finanzierungslücke bis zu 100 % mit öffentlichen Mitteln zu decken, wenn solche Anlagen andernfalls in Europa nicht errichtet würden. Solche Fälle sind von der Kommission unmittelbar nach Artikel 107 Absatz 3 Buchstabe c AEUV zu prüfen. Danach kann die Kommission Beihilfen zur Förderung der Entwicklung gewisser Wirtschaftszweige oder Wirtschaftsgebiete als mit dem Binnenmarkt vereinbar ansehen, soweit sie die Handelsbedingungen nicht in einer Weise verändern, die dem gemeinsamen Interesse zuwiderläuft, wobei sie die positiven Auswirkungen solcher Beihilfen gegen ihre wahrscheinlichen negativen Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb abwägt.

Bei der Abwägung der positiven Auswirkungen der Beihilfe gegen ihre negativen Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb wird die Kommission der Tatsache Rechnung tragen, dass neue Produktionsanlagen *neuartig* in der Union sind, weil sie errichtet werden, um Technologien herzustellen, die über den aktuellen Stand der Technik der Union hinausgehen, z. B. in Bezug auf Technologieknoten, Trägermaterialien wie Siliziumkarbid und Galliumnitrid und andere Produktinnovation, die bessere Leistung hervorbringen kann, Prozesstechnologie oder Energieeffizienz und Umweltbilanz. Die Kommission wird auch prüfen, ob solche Anlagen ohne Fortsetzung der Betriebskostenunterstützung langfristig wirtschaftlich sind, sowie, ob klare Verpflichtungen zur weiteren Innovation im Halbleiter-Ökosystem der Union eingegangen wurden⁵⁵.

Die vorgeschlagene Chip-Verordnung enthält eine Definition des Begriffs „neuartig“, der die Kommission bei beihilferechtlichen Würdigungen Rechnung tragen wird. Die vorgeschlagene Chip-Verordnung sieht ferner zwei Arten neuartiger Anlagen vor: „*Offene EU-Fertigungsbetriebe*“, die einen erheblichen Teil ihrer Fertigungskapazität zur Produktion für andere Industrieakteure einsetzen, und „*Integrierte Produktionsstätten*“, die Komponenten für ihre eigenen Märkte entwerfen und fertigen. Die Zuordnung zu einer der beiden Anlagenarten eröffnet eine Reihe von Vorteilen. Sie ermöglicht beschleunigte Genehmigungsverfahren und bevorzugten Zugang zu Pilotanlagen, die im Rahmen der vorgeschlagenen Initiative „Chips für Europa“ errichtet werden. Außerdem bestätigt sie, dass die Investitionen in die Produktionsanlage zur Sicherheit der Versorgung mit Halbleitern in der Union beitragen und somit im öffentlichen Interesse liegen. Die Verfahren für die Anerkennung als „Offener EU-Fertigungsbetrieb“ oder „Integrierte Produktionsstätte“ und etwaige Verfahren zur Genehmigung staatlicher Beihilfen laufen parallel. Die Kommissionsdienststellen koordinieren diese parallelen Verfahren, damit die Bearbeitung beschleunigt und die Entscheidungen gleichzeitig getroffen werden können.

⁵⁴ COM(2021) 713 final.

⁵⁵ Solche zusätzlichen Investitionen in FuE für künftige Technologien würden in Form unabhängiger Beiträge von Begünstigten erfolgen und bei der Berechnung der Finanzierungslücke nicht berücksichtigt.

Die Beihilfe muss einen Anreizeffekt haben sowie erforderlich, geeignet und angemessen sein. Dies bedeutet insbesondere, dass Beihilfen nicht für Investitionen gewährt werden dürfen, die vor Einreichung des Beihilfeantrags bereits beschlossen waren, dass die Investition ohne die Beihilfe nicht getätigt würde, dass die finanzielle Unterstützung aus öffentlichen Mitteln ein geeignetes Instrument ist und dass übermäßige Wettbewerbsverzerrungen auf ein Minimum beschränkt sind. Die im Chip-Gesetz vorgesehene Bedingung, dass Anlagen *neuartig* sein müssen, spielt in diesem Zusammenhang ebenfalls eine Rolle, insoweit sie sicherstellt, dass sich die Unterstützung auf Bereiche beschränkt, in denen eine hinreichend zuverlässige Versorgung in der Union nicht gegeben ist, und dass keine bestehenden oder geplanten privaten Initiativen verdrängt werden⁵⁶. Ein weiterer Faktor, die Begrenzung von Wettbewerbsverzerrungen und Gewährleistung der Angemessenheit, dient dazu, Überkompensationen zu vermeiden. Staatliche Beihilfen bis zur Höhe der hinreichend belegten Finanzierungslücke dürften demnach genehmigt werden⁵⁷.

Je nach Sachverhalt der einzelnen geprüften Fälle werden zusätzliche positive Auswirkungen als Ausgleich für noch verbleibende Risiken von Wettbewerbsverzerrungen berücksichtigt. Dazu zählen z. B. die positive Auswirkung des geförderten Vorhabens auf die Halbleiter-Wertschöpfungskette, weil die Versorgungssicherheit gesichert und die Zahl qualifizierter Arbeitsplätze erhöht wird, oder seine positive Auswirkung auf das Innovationspotenzial von KMU und vertikalen Industriezweigen, die sozusagen vor der Haustür Zugang zu innovativen Produkten erhalten, oder jegliche anderen Vorteile, die diskriminierungsfrei in der gesamten EU-Wirtschaft weitergegeben werden können. In diesem Zusammenhang sind die in dem vorgeschlagenen Chip-Gesetz zusätzlich zum Kriterium der *Neuartigkeit* festgelegten Bedingungen für die Anerkennung offener EU-Fertigungsbetriebe und integrierter Produktionsstätten relevant, und zwar insbesondere die Pflicht zur Investition in die nächste Chip-Generation⁵⁸ und die vorgeschriebenen Garantien, durch die vermieden werden soll, dass durch eine extraterritoriale Anwendung von Gemeinwohlverpflichtungen die Erfüllung der Pflicht, vorrangige Aufträge auszuführen, untergraben wird. Positive Beiträge zur Kohäsion und grenzübergreifenden Zusammenarbeit können ebenfalls als relevant angesehen werden.

Für Vorhaben, für die vor der Annahme des vorgeschlagenen Chip-Gesetzes eine staatliche Beihilfe angemeldet wird, berücksichtigt die Kommission, ob sie die in dem vorgeschlagenen Chip-Gesetz festgelegten Kriterien für offene EU-Fertigungsbetriebe und integrierte Produktionsstätten erfüllen, und geht davon aus, dass im Rahmen dieser Vorhaben eine formale Anerkennung beantragt wird, sobald das Chip-Gesetz in Kraft tritt.

⁵⁶ Unter Umständen werden mehrere parallele Projekte als neuartig anerkannt, sofern nachgewiesen werden kann, dass staatlich geförderte Tätigkeiten keine bestehenden oder geplanten privaten Initiativen verdrängen. Jeder Beihilfenvorschlag wird einzeln geprüft, um übermäßige Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden. Dazu zählt eine umfassende Bewertung der Erforderlichkeit, um Überkapazitäten zu vermeiden.

⁵⁷ Dies bedeutet, dass die Finanzierungslücke bei der Errichtung der Anlage in der Union hinreichend belegt sein muss, indem z. B. die erwarteten Produktionskosten in Europa anhand realistischer Annahmen im Rahmen eines plausiblen Geschäftsplans, einschließlich Benchmark-Renditen in dem Sektor, verglichen werden und die Ergebnisse wiederum mit realistischen Bezugs- oder Produktionsalternativen (auch weltweit) auf der Grundlage konkreter Nachweise von Begünstigten verglichen werden, und/oder durch Vorkehrungen, die eine faire Aufteilung zusätzlicher, in der vorgelegten Finanzierungslückenanalyse nicht prognostizierter Gewinne gewährleisten.

⁵⁸ Die Investitionen in Forschung, Entwicklung und Innovation werden bei der Analyse der Finanzierungslücke im Rahmen einer etwaigen beihilferechtlichen Würdigung, die sich auf die Fertigungskapazitäten erstreckt, nicht berücksichtigt.

Investitionen in ein innovatives und dynamisches Halbleiter-Ökosystem

Die Halbleiterindustrie ist wegen der hohen Kapitalintensität, großen Risiken, technisch komplexen Projekte und langen Renditezeiträume für Investoren tendenziell weniger attraktiv. Daher wird diese Industrie mit erheblichen Engpässen beim Zugang zu Kapital auch in Form von Eigenkapital und Darlehen konfrontiert. Insbesondere Start-up-Unternehmen und KMU haben trotz guter Wachstumsaussichten und solider Geschäftspläne oft Schwierigkeiten, auf dem Markt adäquate Finanzmittel für Investitionen in innovative High-Tech- oder digitale Technologien zu beschaffen.

Um den Zugang zu Kapital zu erleichtern und die Entwicklung eines dynamischen und resilienten Ökosystems zu unterstützen, wird die Union Tätigkeiten durchführen, die kollektiv als „*Chip-Fonds*“-Tätigkeiten bezeichnet werden können, im Rahmen von zwei Investitionsmöglichkeiten⁵⁹.

Erstens wird im Rahmen von InvestEU in enger Zusammenarbeit mit der Europäischen Investitionsbank-Gruppe eine spezielle Beteiligungsmischfinanzierungsfazilität für Halbleiter eingerichtet. Sie wird vor allem über Risikokapitalfonds Beteiligungs- oder beteiligungsähnliche Finanzierungen bereitstellen, um Scale-ups und KMU zu unterstützen, die Exzellenz in Halbleiter- und Quantentechnologien unter Beweis stellen, um ihre Marktexpansion zu erleichtern, da Europas wirtschaftliche Resilienz untermauert werden muss. Die EIB ist auch bereit, ihre Finanzierung in der Halbleiter-Wertschöpfungskette im Einklang mit den EU-Zielen aufzustocken. Mit EIB-Darlehen können bis zu 50 % der Investitionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette von FuEuI bis hin zu Ausrüstung, einschließlich Pilot- und Testzentren, vom Entwurf bis hin zur großmaßstäblichen Fertigung und zum Ausbau fortgeschrittener Chipkapazitäten unterstützt werden⁶⁰.

Zweitens wird der Europäische Innovationsrat (EIC) von Horizont Europa über sein Accelerator-Programm spezielle Investitionsmöglichkeiten in Form von Zuschüssen und Eigenkapital anbieten, um mit einem hohen Risiko behaftete innovative KMU, einschließlich Start-up-Unternehmen, mit marktschaffendem Innovationspotenzial im Halbleiter- und Quantentechnologiesektor zu unterstützen, und ihnen dabei helfen, ihre Innovationen zur Marktreife zu bringen und Investoren zu gewinnen.

3.3.4 Qualifikationen und Kompetenzen

Die Nachfrage nach Fachkräften im Elektroniksektor ist in den letzten 20 Jahren gestiegen, und 2018 waren in der europäischen Mikroelektronikindustrie 455 000 hoch qualifizierte Fachkräfte unmittelbar beschäftigt. Allerdings ist die Zahl der Frauen in der Lehre und unter den Beschäftigten im Elektronikbereich gering, und die fehlenden Arbeitskräfte in diesem Bereich sind ein bedeutendes Wachstumshemmnis.

Die größte Herausforderung für den Sektor besteht darin, hoch qualifizierte Fachkräfte zu rekrutieren und zu halten. Um dies anzugehen, müssen Studierende sowohl Zugang zu in der

⁵⁹ Die Mitgliedstaaten können sich an der Finanzierung von Projekten, die aus dem *Chip-Fonds* gefördert werden, im Einklang mit den EU-Beihilfavorschriften beteiligen. Die Kofinanzierung der Mitgliedstaaten kann durch staatliche Einrichtungen, wie etwa nationale Förderbanken und -institute, oder mit staatlichen Ressourcen z. B. in Mischfinanzierungsmaßnahmen oder in der Mitgliedstaaten-Komponente im Rahmen der InvestEU-Verordnung erfolgen.

⁶⁰ Zusätzliche Finanzhilfen von der EIB unterliegen Nachfrage und Sorgfaltspflichten.

Industrie verwendeter modernster Entwurfs- und Fertigungsausrüstung haben als auch lernen, wie praktische Geschäftsprobleme gelöst werden können.

Im Rahmen der Initiative „Chips für Europa“ werden Maßnahmen in den Bereichen allgemeine und berufliche Bildung, Kompetenzerwerb und Umschulung gefördert. Unterstützt werden der Zugang zu Mikroelektronik-Programmen für Postgraduierte, kürzeren Schulungen, Praktika und Lehrlingsausbildung, Schulungen in fortgeschrittenen Laboratorien usw. Darüber hinaus wird im Rahmen der Initiative ein Netz von Kompetenzzentren aus ganz Europa gefördert, das Zugang zu technischem Fachwissen und Experimenten im Bereich Halbleiter bietet und so insbesondere KMU dabei behilflich ist, Entwurfskapazitäten zu entwickeln und zu verbessern und Kompetenzen zu erwerben. Die Kompetenzzentren werden zu Anziehungspunkten für Innovationen und junge Fachkräfte avancieren.

Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit mit den einschlägigen Akteuren wie Bildungs- und Berufsbildungsträgern, der Industrie und den Sozialpartnern, um die Zahl der Praktikums- und Lehrlingsausbildungsplätze zu erhöhen, Studierende für die Möglichkeiten in diesem Bereich zu sensibilisieren und spezielle Stipendien für Master-Studierende und Doktoranden zu unterstützen, die auch darauf abzielen, unter anderem durch die „EU STEM Coalition“ die Beteiligung von Frauen zu erhöhen.

Bei den Maßnahmen wird auf die Erfahrung des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) zurückgegriffen und der europäischen Hochschulstrategie und dem Aktionsplan für digitale Bildung Rechnung getragen.

Die Mitgliedstaaten sollten ebenfalls ihre nationalen Qualifikationsstrategien für den Bereich Mikroelektronik stärken, einschließlich der in den nationalen Reformplänen genannten Strategien, sowie im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und des Europäischen Sozialfonds Plus.

Ferner könnte die Europäische Allianz für Prozessoren und Halbleitertechnik entscheidend dazu beitragen, das Engagement der Instrumente im Rahmen des EU-Kompetenzpakts⁶¹ zu gewährleisten, indem sie Sensibilisierungsmaßnahmen in einschlägigen Bildungseinrichtungen organisiert und zusagt, das Angebot an Praktikums- und Lehrlingsausbildungsplätzen zu erhöhen. Erasmus+ bietet ebenfalls Möglichkeiten für Studierende, in einem anderen europäischen Land Unternehmenspraktika zu absolvieren⁶².

3.3.5 Globale Lieferketten verstehen und künftigen Krisen entgegenwirken

In der Halbleiter-Wertschöpfungskette besteht die Gefahr von Engpässen; die Nachfrage nimmt stark zu, einige Marktsegmente sind konzentriert, die Kosten sind hoch und das Angebot ist nicht flexibel. Zudem sind Angebot und Nachfrage nicht transparent. Aufgrund dieser Knappheit ist Europa geopolitischen Spannungen ausgesetzt. Um die Risiken zu mindern, sollten die Union und die Mitgliedstaaten ihre Maßnahmen abstimmen und Kapazitäten aufbauen, um das Funktionieren der Chip-Lieferketten zu überwachen und

⁶¹ [Pakt für Kompetenzen: Weiterbildungs- und Umschulungsinitiative für Auszubildende und Beschäftigte in der Mikroelektronikindustrie | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas \(europa.eu\)](#). Der Kompetenzpakt ist eine der Leitinitiativen der [Europäischen Kompetenzagenda \(europa.eu\)](#) und wurde am 10. November 2020 aus der Taufe gehoben. Für den Bereich Mikroelektronik sieht der Pakt öffentliche und private Mittel in Höhe von 2 Mrd. EUR zur Förderung von Weiterbildungs- und Umschulungsmöglichkeiten für mehr als 250 000 Arbeitskräfte und Studierende (2021-2025) in Europas Elektronik-Clustern vor.

⁶² <https://myinternship.eu/>

Informationen zu sammeln sowie um Krisen zu erkennen und mit Korrekturmaßnahmen darauf zu reagieren.

Zu diesem Zweck werden die Union und ihre Mitgliedstaaten eine koordinierte Risikobewertung durchführen, in deren Rahmen Frühwarnindikatoren ermittelt und größere Risiken für die Lieferkette antizipiert werden. Es sind zwei Arten von Maßnahmen vorgesehen: Maßnahmen zur ständigen Überwachung (Krisenvorsorge) und Maßnahmen, die nur im Krisenfall ergriffen werden dürfen (Krisenreaktion). Im Fall von Lieferengpässen werden Maßnahmen ergriffen, um die Versorgungssicherheit in Europa zu gewährleisten. Für die Kohärenz und Koordinierung mit anderen Kriseninstrumenten wie der Behörde für die Krisenvorsorge und -reaktion bei gesundheitlichen Notlagen (HERA)⁶³ und dem künftigen Binnenmarkt-Notfallinstrument (SMEI)⁶⁴ wird gesorgt.

Was die Krisenvorsorge anbelangt, würden die Mitgliedstaaten Fakten über relevante nationale Märkte vorlegen, um eine Risikobewertung zu ermöglichen, und Frühwarnmechanismen einrichten, um Halbleiterengpässen vorzugreifen. Die Kommission würde ferner gezielte Befragungen von Interessenträgern in die Wege leiten, die sich sowohl an Unternehmen richten, die Halbleiter fertigen, als auch an Unternehmen, die Halbleiter erwerben.

Mithilfe der Antworten könnte die Kommission relevante Faktoren bewerten, einschließlich „Nadelöhren“, Trends und Ereignissen, die zu Störungen der Halbleiterlieferkette in der Union führen können. Außerdem sollten die Mitgliedstaaten einschlägigen Interessenverbänden, einschließlich Branchen- und Industrieverbänden und Vertretern der wichtigsten Anwenderkategorien, die Möglichkeit einräumen, Informationen über untypische Nachfrage- und Angebotsschwankungen sowie bekannte Störungen ihrer Lieferkette zu übermitteln, auch über die Nichtverfügbarkeit wichtiger Halbleiter oder Rohstoffe, überdurchschnittlich lange Vorlaufzeiten, Lieferverzögerungen und außergewöhnliche Preissteigerungen.

Die Analyse der Situation auf der Grundlage der in der Überwachungsphase und im Rahmen von Gesprächen mit internationalen Partnern gesammelten Daten ist äußerst wichtig, um mögliche Störungen der Wertschöpfungskette zu antizipieren. Diese Informationen sind von entscheidender Bedeutung, um auf internationalen Partnerschaften mit spezifischen Initiativen aufzubauen, die dazu beitragen könnten, die Auswirkungen solcher Störungen abzuwenden oder wenigstens abzuschwächen. Um das Potenzial für vertrauenswürdige und beide Seiten vorteilhafte Lösungen zu erhöhen, wird die Chip-Strategie der EU entscheidend dazu beitragen, nicht nur das Ungleichgewicht zwischen Mitteln und Verhandlungsmacht, sondern auch die Asymmetrie der Informationen über Entwicklungen in der Industrie abzubauen. Bei Feststellung einer potenziellen Krise in der Lieferkette wird sich die Union darum bemühen, sich mit Partnern zu beraten, um zusammen eine Lösung zu finden.

Im Falle erheblicher Störungen mit Auswirkungen auf kritische Wirtschafts- und Gesellschaftssektoren würde der Krisenfall erklärt, um eine schnelle, wirksame und koordinierte Reaktion der Union zu ermöglichen.

Es würde ein Krisenreaktionsinstrumentarium mit Maßnahmen aktiviert, die in einem angemessenen Verhältnis zur Krisensituation stehen. Das Instrumentarium würde Maßnahmen wie die obligatorische Erfassung von Informationen, die Priorisierung von

⁶³ COM(2021) 576 final.

⁶⁴ COM(2021) 350 final.

Aufträgen für kritische Sektoren und gemeinsame Beschaffungssysteme umfassen. Zudem könnte das Halbleitergremium der Kommission eine Stellungnahme dazu übermitteln, ob die Einführung von Ausfuhrkontrollen angemessen ist. Eine solche Reaktion der Union lässt etwaige weitere Initiativen, die parallel zusammen mit internationalen Partnern durchgeführt werden, unberührt.

Vor diesem Hintergrund und im Interesse einer reibungslosen, wirksamen und harmonischen Zusammenarbeit wird ein europäisches Halbleitergremium eingesetzt. Dieses Gremium wird sich aus hochrangigen Vertretern der Mitgliedstaaten und der Kommission zusammensetzen. Es wird die Kommission in Krisenvorsorge- und Überwachungsfragen im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit und -resilienz beraten und unterstützen.

Um einen solchen Koordinierungsmechanismus unverzüglich zu aktivieren und eine schnelle, wirksame und koordinierte Reaktion der Union auf die derzeitige Chip-Knappheit zu ermöglichen, richtet die Kommission eine Empfehlung an die Mitgliedstaaten, in der die Mitgliedstaaten aufgefordert werden, mit der Kommission zusammenzuarbeiten, um die Halbleiterlieferkette zu überwachen und möglichen Störungen vorzugreifen. Die Mitgliedstaaten sind gehalten, Informationen über den aktuellen Stand der Halbleiterkrise in ihren nationalen Märkten zu sammeln und zu übermitteln sowie geeignete, wirksame und angemessene Krisenreaktionsmaßnahmen auf nationaler und Unionsebene zu erörtern und zu beschließen. Mithilfe dieses unmittelbar aktivierten Koordinierungsmechanismus können wichtige Schritte zur Überwindung derzeitiger Knappheit unternommen werden, bis die Verordnung angenommen ist.

4. Internationale Zusammenarbeit

Indem die EU ihre Versorgungssicherheit und ihre Entwurfs- und Produktionskapazitäten für leistungsfähige und ressourceneffiziente Halbleiter ausbaut, trägt sie zu mehr Ausgewogenheit in der globalen Lieferkette für Halbleiter bei. Ziel ist, die Kapazitäten entlang der gesamten Lieferkette, einschließlich des Spitzensegments, auszubauen und jegliche geografische Segmentierung oder Konzentration in bestimmten Teilen der Lieferkette zu vermeiden, damit sich die EU in Krisenzeiten auf eine effiziente Verhandlungsmacht stützen kann. Außerdem verfolgt die EU das Ziel, die globale Nachfrage zu befriedigen, die erheblich steigen wird, und ihren Anteil an diesem Wachstumsmarkt zu erobern.

Zur Verwirklichung dieser Ambition muss die EU ihre gegenseitigen Abhängigkeiten mit dem Rest der Welt proaktiv steuern mit den folgenden beiden Zielsetzungen: i) Gewährleistung eines zuverlässigen globalen Marktplatzes für europäische Produkte und ii) Gewährleistung der Versorgungssicherheit, auch in Krisensituationen.

Um diese Ziele zu erreichen, müssen ausgewogene Halbleiterpartnerschaften mit gleich gesinnten Ländern aufgebaut werden. Sinn und Zweck dieser Partnerschaften wäre es, Kooperationsrahmen für Initiativen von gemeinsamem Interesse festzulegen und anzustreben, dass zugesagt wird, die Gewährleistung der Versorgungskontinuität in Krisenzeiten sicherzustellen. Damit eine solche Zusage sinnvoll ist, muss eine tragfähige Faktengrundlage mit Beiträgen von Interessenträgern der Angebots- und der Nachfrageseite geschaffen werden.

In Bezug auf die Versorgungssicherheit könnten die folgenden Elemente Teil der Partnerschaften sein: Bessere Visibilität potenzieller Schocks durch einen regelmäßigen Austausch von Informationen, bewährten Verfahren und Erkenntnissen über die Minderung sich abzeichnender Engpässe; wirksame Frühwarnmechanismen zur Stärkung der Krisenvorsorge; Austausch von Informationen über langfristige Anlagestrategien; internationale Normungstätigkeiten; Koordinierung von Ausfuhrkontrollen, Gewährleistung

vorheriger Konsultationen und Bewältigung unbeabsichtigter Folgen. Weitere für die Resilienz relevante Themen, insbesondere Arbeitskräfteentwicklung; bewährte Verfahren zur Verringerung der Umweltauswirkungen der Produktion und eine verstärkte Forschungszusammenarbeit könnten Teil einer ausgewogenen Partnerschaft mit klaren beiderseitigen Vorteilen in Bezug auf Resilienz und Versorgungssicherheit sowie Gegenseitigkeit sein⁶⁵.

In einem ersten Schritt werden die vorgenannten Maßnahmen – in bestehenden oder neuen Foren – mit gleich gesinnten Partnern wie den Vereinigten Staaten, Japan, Südkorea, Singapur, Taiwan und anderen sondiert.

Darüber hinaus wird die EU eine enge Zusammenarbeit mit Nachbarländern aufbauen, um die Resilienz der Halbleiterlieferketten zu stärken.

Europa strebt ein Konzept für die Zusammenarbeit an, das seine Versorgungssicherheit gewährleistet. Gleichzeitig sollte die EU auf ein etwaiges Versagen eines solchen Konzepts, einen plötzlichen Umschwung der politischen Lage oder unvorhergesehene Krisen, die die Versorgungssicherheit der EU gefährden könnten, vorbereitet sein. Das im EU-Chip-Gesetz vorgesehene Krisenreaktionsinstrumentarium würde der EU die notwendigen Mittel an die Hand geben, um solchen Situationen zu begegnen und letztlich die allgemeine Resilienz Europas zu gewährleisten.

5. Fazit

Die Stärkung der Führungskapazität der EU im Bereich Halbleiter ist eine Voraussetzung für ihre künftige technologische Souveränität und Sicherheit. Die Umsetzung des Chip-Gesetzespakets wird ein wichtiger Schritt sein zur Beseitigung der strukturellen Schwächen Europas im Bereich Halbleiter und zur Stärkung seiner Position im globalen, von gegenseitigen Abhängigkeiten geprägten Ökosystem. Der Rat und das Europäische Parlament werden ersucht, diesen Ansatz zu unterstützen, sodass die Ambitionen so rasch wie möglich in die Tat umgesetzt werden können.

⁶⁵ Das Forschungsprogramm der Union „Horizont Europa“, aus dem das Gemeinsame Unternehmen für Chips teilweise finanziert wird, ist bereits das offenste Programm der Welt für Partner aus Drittländern. Im Hinblick auf eine umfassendere Partnerschaft mit einem oder mehreren wichtigen gleich gesinnten Partnern für Faktoren, die für die Resilienz und die Versorgungssicherheit der Union relevant sind, sollte die Union bereit sein, auf der Grundlage der Gegenseitigkeit und nach Maßgabe der strategischen Interessen der EU Möglichkeiten für eine verstärkte Zusammenarbeit mit diesen Partnern, auch im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens, zu prüfen.