



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus: Sonderfaktoren sowie zyklische und geopolitische Effekte

30. Mai 2022

Autoren

Hermann P. Rapp
+49 69 910-43893
hermann-paul.rapp@db.com

Jochen Möbert
+49 69 910-31727
jochen.moebert@db.com

Editor

Stefan Schneider

Deutsche Bank AG
Deutsche Bank Research
Frankfurt am Main
Deutschland
E-Mail: marketing.dbr@db.com
Fax: +49 69 910-31877

www.dbresearch.de

DB Research Management
Stefan Schneider

Original in engl. Sprache: 5. Mai 2022

Im Jahr 2021 erreichte der weltweite Umsatz der Halbleiterindustrie mit USD 556 Mrd. ein Allzeithoch. Trotz dieses Rekordwerts steht die Branche derzeit vor großen Herausforderungen.

Der aktuelle Halbleiterzyklus ist gekennzeichnet durch drei außergewöhnliche Entwicklungen: eine enorme Nachfrage aufgrund des Digitalisierungsschubs, Lieferengpässe und geopolitische Spannungen.

Dies hat die Produktion von Computern, Mobiltelefonen und Autos behindert, was sich wiederum auf verwandte Branchen auswirkt.

Aufgrund des starken Anstiegs der Chipnachfrage werden derzeit in den USA, Asien und Europa neue Chipfabriken gebaut, um die Nachfrage zu decken, die durch Megatrends wie die mobile Breitbandkommunikation mit 5G, das Internet der Dinge mit 6G-fähigem Edge Computing, Smartphones der nächsten Generation, KI und autonome Systeme angekurbelt wird.

Die Pandemie hat die Verwundbarkeit bestehender Lieferketten aufgezeigt. Die großen geopolitischen Spannungen belasten ebenfalls. Diese Entwicklungen dürften zu einer Stärkung kontinentaler Wertschöpfungsketten und zu einer partiellen Deglobalisierung führen.

In der Halbleiterindustrie wird diese sowohl durch Gesetzesinitiativen im Westen (US CHIPS Act und US FABS Act, EU Chips Act) als auch Chinas „Made in China 2025“-Politik vorangetrieben.

Die Geschichte lehrt, dass massive staatliche Eingriffe und hohe Subventionen zu Überkapazitäten führen können und das Risiko einer Fehlallokation bergen.

Wann wird der derzeitige Zyklus bei den weltweiten Chipverkäufen enden? Während sich die Engpässe noch einige Zeit hinziehen werden, könnte der aktuelle Zyklus sehr lang sein. Wir halten es für plausibel, dass er bis Ende 2023 andauert.

Danach drohen Überkapazitäten und eine Rezession in der Halbleiterindustrie. Historisch gesehen sind die Umsätze in den letzten sieben Zyklen vom Höhepunkt bis zum Tiefpunkt im Durchschnitt um 22% stark zurückgegangen. Angesichts der besonderen Umstände wäre es nicht verwunderlich, wenn der Umsatzrückgang in ähnlicher Größenordnung oder sogar noch stärker ausfiele.



Inhaltsverzeichnis

1. Die aktuelle globale Chip-Krise: Ursachen und Prognosen	3
2. Wie funktioniert die weltweite Halbleiterindustrie?	4
2.1 Die verschiedenen Produktionsstufen und unterschiedlichen Lieferketten	4
2.2 Es existieren zwei vorherrschende Geschäftsmodelle	5
2.3 Halbleiter gibt es in vielen Varianten	6
2.4 Die Halbleitermärkte und zyklische Veränderungen der Einnahmen.....	7
2.5 Die Länge der Umsatzzyklen in der Halbleiterindustrie	9
2.6 Bullwhip-Effekte belasten die Effizienz von Lieferketten	10
2.7 Die Nachfrageseite	10
3. Die Zukunft der weltweiten Halbleiterproduktion	11
3.1 Bau weiterer Halbleiterproduktionsanlagen zur Deckung der wachsenden Nachfrage	11
3.2 Wie kann die Post-COVID-Halbleiterlieferkette widerstandsfähiger gemacht werden?	12
3.3 Exkurs: Die nächsten Generationen von Halbleitern.....	13
4. Geopolitik verändert die Lieferketten	13
4.1 Geopolitische Spannungen, digitale Souveränität und geplante Gesetze	14
4.2 Technische Normen und die Integrität der Normungsgremien.....	17
5. Zusammenfassung und Ausblick - der gegenwärtige Zyklus könnte noch länger andauern.....	18
5.1 Die derzeitigen Engpässe werden wahrscheinlich noch anhalten .	18
5.2 Mittelfristig drohen Überkapazitäten	19
Literaturverzeichnis.....	19



1. Die aktuelle globale Chip-Krise: Ursachen und Prognosen

Durch die Pandemie ist die Weltwirtschaft mit außergewöhnlichen Engpässen konfrontiert. Das Angebot ist bei zahlreichen Produkten wie Containern, Papier und Düngemitteln deutlich zurückgegangen. Besonders im Fokus steht aber der Mangel an Halbleitern, auch bekannt als integrierte Schaltkreise (ICs). Er bremst nicht nur die digitalen Sektoren, sondern auch das Verarbeitende Gewerbe und insbesondere den Automobilsektor. Hierdurch sind auch viele weitere Branchen beeinträchtigt. Wie lange die Chip-Krise andauert, ist daher für viele Volkswirtschaften insgesamt wichtig. Der weltweite Halbleiterumsatz stieg 2021 um 26,2% auf USD 555,9 Mrd. Für das Jahr 2022 wird von WSTS, einem führenden Datenanbieter in diesem Sektor, ein Umsatz von USD 601 Mrd. (plus 8,8%) prognostiziert.

Vor der Pandemie waren die weltweiten Halbleiter-Lieferketten stark auf Effizienz getrimmt. Nun wurde ihre Anfälligkeit offensichtlich. Im Jahr 2020 boomte das Homeoffice, was die Nachfrage nach Computern und mobilen Endgeräten erhöhte. Als Reaktion auf den globalen Wirtschaftseinbruch in der ersten Corona-Welle wurden überall auf der Welt riesige Steuerpakete geschnürt. Die Staatsausgaben wurden häufig auf strukturelle Ziele ausgerichtet und insbesondere die Klimaneutralität stand ganz oben auf der Agenda. Infolgedessen wurden Subventionen bewilligt, um die Digitalisierung voranzutreiben und die Zahl der Elektrofahrzeuge zu erhöhen. Diese Entwicklungen kurbelten die Nachfrage nach Halbleitern kräftig an. Gleichzeitig wurde das Angebot durch Lockdowns, Personalengpässe und Produktionsausfälle reduziert. Hiervon war beispielsweise Malaysia, ein weltweites Zentrum für Halbleitertests und Packaging, betroffen. Darüber hinaus verlängerten Sperrungen und Staus in den Häfen die Lieferzeiten, und Brände in Chipfabriken in Japan und Deutschland verstärkten ebenfalls die Engpässe. Dies kann man durchaus als perfekten Sturm bezeichnen.

Die geopolitischen Spannungen haben die Lage weiter verschärft. Die russische Invasion in der Ukraine reduziert beispielsweise die Verfügbarkeit von Edelgasen von ukrainischen Unternehmen. Sie sind ein wichtiger Rohstoff für Laser, die für die Fotolithografie in der Chipherstellung verwendet werden. Bei dem wichtigsten Edelgas, Neon, hat die Ukraine einen Weltmarktanteil von etwa 50%.¹ Die russische Invasion auf der Krim im Jahr 2014 hatte bereits zu einem dramatischen Anstieg der Edelgaspreise geführt. Ein weiteres Beispiel sind Edelmetalle wie Palladium, wo 35% des US-Palladiums von russischen Unternehmen bezogen werden.² In der Chip-Herstellung werden Edelmetalle wie Palladium und Platin in großem Umfang als Bestandteile von Mehrschicht-Metallisierungsstrukturen in Halbleitern verwendet.³ Ein weiterer Faktor ist das wachsende Bewusstsein für Chinas digitale Ambitionen (NBR 2022) in den letzten Jahren. Die Spannungen zwischen den USA und ihren Verbündeten und China haben Fragen der Autarkie und der digitalen Souveränität ganz oben auf die politische Tagesordnung in verschiedenen Ländern der Welt gesetzt.

In diesem Artikel werden die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf die globale Halbleiterlieferkette sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus technischer Sicht untersucht. Vor allem versuchen wir die Frage zu beantworten, ob und wann die derzeitigen Marktungleichgewichte enden.

¹ <https://www.reuters.com/technology/exclusive-ukraine-halts-half-worlds-neon-output-chips-clouding-outlook-2022-03-11/>

² <https://www.reuters.com/technology/white-house-tells-chip-industry-brace-russian-supply-disruptions-2022-02-11/>

³ <https://www.technology.matthey.com/article/43/1/2-12/>



2. Wie funktioniert die weltweite Halbleiterindustrie?

2.1 Die verschiedenen Produktionsstufen und unterschiedlichen Lieferketten

In der Halbleiterindustrie können drei wesentliche Produktionsschritte unterschieden werden:

- Erstens das Design,
- zweitens die Produktion und
- schließlich das Zusammensetzen, Testen und Verpacken.

2.1.1 Das Design von Halbleitern

Beim Chipdesign wird komplexe Software eingesetzt, um Millionen von Verbindungen zwischen Chips, Sensoren und anderen Teilen zu verdrahten. Dies erfordert ein tiefes Verständnis der elektronischen Komponenten und deren Zusammenwirken. Die USA sind der führende Markt für Halbleiterdesign. Auf Designdienstleistungen entfällt etwa ein Drittel der Wertschöpfung der globalen Halbleiterlieferketten. Geistiges Eigentum und elektronische Designautomatisierung (EDA) tragen zusammen weitere 2,5% bei.⁴

2.1.2 Die Herstellung von Chips

Gemessen an der Wertschöpfung macht die Fertigung etwa die Hälfte des Wertes der weltweiten Halbleiterindustrie aus. Sie findet in Industrieanlagen, den sogenannten Foundries, statt. Dort werden technische Meisterleistungen vollbracht, indem Milliarden oder sogar Billionen winzigster Transistoren auf Chips von der Größe einer Fingerspitze platziert werden. Zahlreiche Schichten aus Silizium, lichtechten Materialien und Metallen werden auf dünne Wafer aufgebracht und später durch Oxidation und Laser (Lithografie) teilweise entfernt.⁵ Dieser komplexe Prozess wird, um Verunreinigungen zu vermeiden, in einem Reinraum durchgeführt. Nicht nur die Foundry an sich ist ein wesentlicher Bestandteil der globalen Lieferkette, sondern auch deren Zulieferer, wie beispielsweise die Produzenten von Wafern, Hightech-Lasern für die Lithografie und Schutzanzügen für Reinräume. Infolgedessen ist die Produktion sehr kapitalintensiv und eine moderne Halbleiterfabrik kostet regelmäßig mehrere Milliarden Euro.

Die größten Foundries befinden sich in den einkommensstarken Ländern Ostasiens, aber auch in den USA und einige wenige in Europa. In diesen Regionen gibt es ein großes Reservoir an gut ausgebildeten Ingenieuren und Facharbeitern. Der Weltmarktführer ist die Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), die die weltweit größte und modernste unabhängige Foundry betreibt. Dort wird die hochinnovative Extrem-Ultraviolett-Lithographie (EUV) in großem Umfang eingesetzt. Die Zulieferer der Foundries sind in der ganzen Welt ansässig, wobei einige europäische Unternehmen zu den Marktführern zählen.

⁴ Khan et al. (2021). The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness. CSET Issue Brief.

⁵ Infineon (2019). Chip Manufacturing – Wie werden Mikrochips hergestellt? YouTube, 17. Juli.



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

2.1.3 Das Zusammensetzen, Prüfen und Verpacken

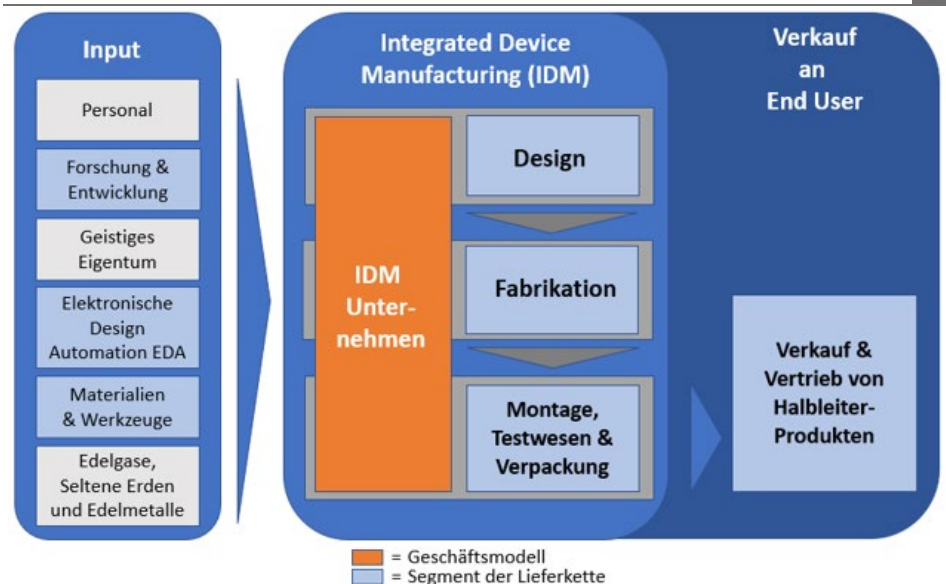
Ein weiterer wichtiger Teil des Produktionsprozesses ist das Montieren, Testen und Verpacken (gemeinhin als ATP abgekürzt). Der Wert dieses Produktionsschritts beläuft sich auf etwa 10% der weltweiten Wertschöpfung der Branche. In der Assemblierungsphase werden Halbleiter in elektronische Geräte eingebaut. Diese Geräte werden dann ausgiebig getestet, um fehlerhafte Komponenten auszusortieren. ATP-Prozesse sind recht arbeitsintensiv und viele Fabriken befinden sich in Ländern mit niedrigem Einkommen in der indo-pazifischen Region.

2.2 Es existieren zwei vorherrschende Geschäftsmodelle

Zum einen handelt es sich um das „Integrated Device Manufacturer Model“ (IDM) und zum anderen um das „Fabless Foundry“ Modell. Beim IDM-Modell führt ein und dasselbe Unternehmen alle drei Produktionsschritte durch. Als besonderen Geschäftszweig bieten sogenannte IDM-Foundries neben der Herstellung ihrer eigenen ICs auch Foundry-Dienstleistungen an. Beispiele für IDM-Foundries sind Infineon, Intel und Samsung.

Halbleiter-Lieferkette: Das IDM-Modell

1



Quelle: Deutsche Bank Research

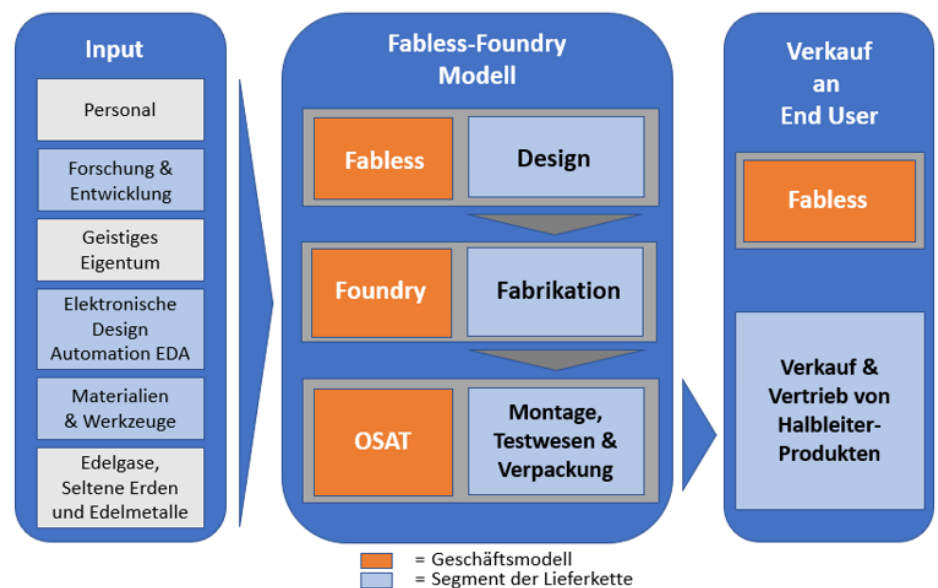
Beim Fabless-Modell (engl. „Fabless Foundry“) wird jeder Produktionsschritt von jeweils anderen Unternehmen durchgeführt. Fabless-Unternehmen entwerfen und verkaufen die Chips, kaufen aber Fertigungsdienstleistungen von reinen Foundries sowie Montage-, Test- und Verpackungsdienstleistungen von „ausgelagerten Halbleitermontage- und Testunternehmen“ (engl. „Outsourced Semiconductor Assembly and Test“, d.h. OSAT-Unternehmen). Eine reine Foundry ist ein Unternehmen, das keine eigenen IC-Produkte in nennenswertem Umfang anbietet, sondern sich auf die Produktion für andere Unternehmen konzentriert. Beispiele hierfür sind GlobalFoundries und TSMC.



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Netzwerke in der Halbleiter-Lieferkette: Das Fabless-Foundry-Modell

2



Quelle: Deutsche Bank Research

Das Konzept einer globalen Lieferkette für Halbleiter basiert auf einer umfassenden Arbeitsteilung, die ihren Ursprung in einer äußerst einflussreichen Forschungsinitiative der US-Regierung unter der Leitung der DARPA hat. Bei dieser Initiative handelt es sich um das sogenannte „Very Large Scale Integration“-Projekt (VLSI), das 1978 begann. Eines der Ziele war es, stärker integrierte digitale Produkte zu ermöglichen. Im folgenden Jahrzehnt wurde die Halbleiterproduktion teilweise in den indo-pazifischen Raum verlagert, was zu den heutigen auf Effizienz getrimmten Lieferketten führte.

Im Jahr 2020 waren die USA über alle Geschäftsmodelle und Lieferketten hinweg immer noch der dominierende Anbieter mit einem Marktanteil von über 40%, vor Südkorea (rund 20%). Chinas Marktanteil hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen und liegt bei rund 10%. Es ist wahrscheinlich, dass China sowohl Japan als auch Europa mit einem Anteil von fast 10% im Jahr 2021 bereits überholt haben wird. Der Anteil Taiwans liegt bei knapp 7%.⁶

2.3 Halbleiter gibt es in vielen Varianten

In diesem Artikel verwenden wir die Terminologie der World Semiconductor Trade Statistics (WSTS)⁷, um die zahlreichen Arten von Halbleitern zu klassifizieren. Es gibt einige eher einfache Komponenten wie Sensoren und Optoelektronik. Dabei handelt es sich in der Regel um Waren ohne großen Mehrwert. Dennoch sind sie unverzichtbar, da sie die Schnittstelle zwischen der realen und der digitalen Welt darstellen. Sie messen Druck, Bewegung oder Licht und sind besonders wichtig für die heutigen Smartphones. Die ersten Mobiltelefone hatten einen Beschleunigungsmesser und einen Näherungssensor. Moderne Handys hingegen sind vollgepackt mit Sensoren, z.B. zum Entsperren durch Gesichtserkennung, einem Barometer, einem Gyroskop, einem Umgebungslichtsensor und einem Magnetometer. Auch diskrete Chips sind einfache elektronische Bauteile. Hierzu zählen einzelne Dioden, Widerstände und

⁶ <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-closing-in-on-europe-and-japan/>

⁷ WSTS Produktklassifikation 2022. Ausgabe 1, 5. Dezember 2021.



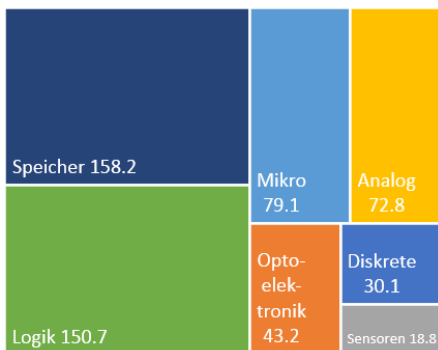
Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Leistungstransistoren, die auf Leiterplatten verdrahtet werden und oft die Stromlast steuern.

Was umgangssprachlich oft als Chip bezeichnet wird, ist in der WSTS-Klassifizierung eine „integrierte Schaltung“. Es werden vier Typen unterschieden: drei digitale Typen und ein analoger Typ. Analoge Chips verarbeiten ein reales analoges Signal in der integrierten Schaltung oder wandeln einen digitalen Output in ein analoges Ausgangssignal um. Beispiele hierfür sind Verstärker und Schnittstellen wie Empfänger und Leitungstreiber. Speicherchips dienen dazu, Daten zu speichern. Mikroprozessoren und Mikrocontroller für digitale Logikfunktionen werden als Mikro bezeichnet. Mikrochips führen Berechnungen in Mikroprozessoren, d.h. CPUs (Central Processing Units) oder Mikrocontrollern, durch. Die modernsten Halbleiter sind die sogenannten Logikchips. Gemessen am Umsatz machen Speicherchips etwa 28% und Logikchips 27% des weltweiten Gesamtumsatzes aus.

Umsatz 2021 der Halbleiterindustrie

3



Quellen: Deutsche Bank Research, WSTS

Chip-Größe

5

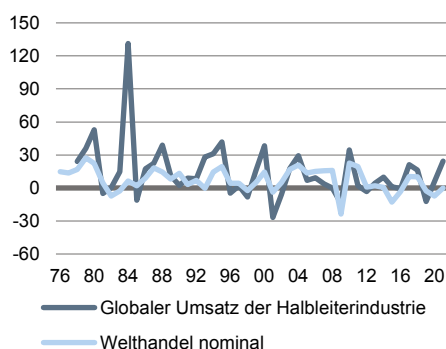
Chip-Größe	Prozentsatz
> 180 nm	19%
100 - 180 nm	19%
55 - 90 nm	9%
28 - 45 nm	13%
10 - 22 nm	37%
< 10 nm	2%
	100%

Quelle: Deutsche Bank Research (basierend auf SEMI-Daten)

1978-2021 Nominaler Welthandel vs. globaler Umsatz der Halbleiterindustrie

6

% gg. Vj.



Quellen: Deutsche Bank Research, IMF, SIA

Arten von Halbleitern

4

Digitale und analoge integrierte Schaltkreise

Digital	Logisch	Integrierte Nicht-Mikro-Hochleistungsschaltungen mit mehr als 50% der Chipfläche dediziert
	Mikro	Mikroprozessoren und Mikrocontroller, bei denen mehr als 50% der Chipfläche für die digitalen Prozesse dediziert sind
	Speicher	SRAM, DRAM, (EE)PROM, Flash memory
Analog	Analog	Hauptfunktion ist die Verarbeitung analoger Signale, z.B. Verstärker, Signalwandler, Schnittstellen, Leistungsmanagement-Chip
Diskrete		Bauteile wie Dioden, kleine Transistoren, Leistungstransistoren, Thyristoren
Optoelektronik		Displays, Schalter, Lasersender, Bildsensoren, Infrarotstrahler, Lichtsensoren usw.
Sensoren		Temperatursensoren, Drucksensoren, Beschleuniger, Magnetfeldsensoren, Aktuatoren

Quellen: WSTS, Deutsche Bank Research

Die einzelnen Chiptypen unterscheiden sich stark in Größe und Leistung. Die meisten heute hergestellten Transistoren haben eine Größe zwischen 10 und 22 Nanometern (nm). Die modernsten sind Logikchips, kleiner als 10 nm, die hauptsächlich in modernen Computern und Smartphones verwendet werden. Ältere analoge und optoelektronische Bauteile, die in einfachen elektronischen Schaltungen verwendet werden, haben eine Größe von bis zu 300 nm. Wie eine aktuelle Veröffentlichung⁸ des US-Handelsministeriums zeigt, gibt es Engpässe bei Standard-, Logik-, Analog- und optoelektronischen Chips mit einer „großen“ Größe zwischen 40 und 250 nm, nicht aber im High-End-Segment.

2.4 Die Halbleitermärkte und zyklische Veränderungen der Einnahmen

Seit ihren Anfängen in den 1960er Jahren hat sich die Halbleiterindustrie zu einem Rückgrat der Weltwirtschaft entwickelt. Heute beträgt die Marktkapitalisierung der rund 1.000 börsennotierten Unternehmen des Sektors etwa USD 5 Billionen und der weltweite nominale Umsatz lag 2021 bei USD 555,9 Mrd.

Von 1977 bis 2021 stieg der Umsatz im Durchschnitt um 11% pro Jahr. Dieser Erfolg der letzten Jahrzehnte beruht auf dem ständigen Bestreben, billigere, schnellere, kleinere und weniger energieintensive Halbleiter herzustellen. Dies führte zur Miniaturisierung von Transistoren und zur ständigen Erforschung von

⁸ Ergebnisse einer Informationsanfrage des US-Handelsministeriums (2022). <https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/results-semiconductor-supply-chain-request-information>



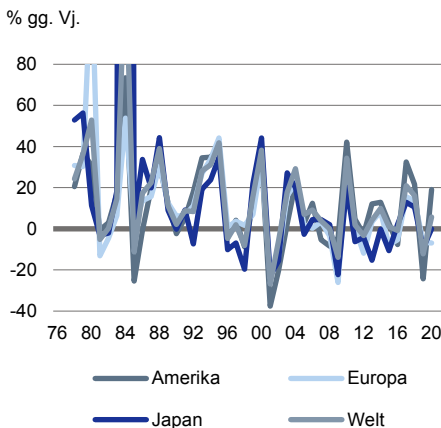
Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Materialeigenschaften in der Nanowelt. Der hohe Innovationsgrad hatte kurze Produktionslebenszyklen zur Folge.

Trotz des außergewöhnlichen Umsatzwachstums führten die kurzen Zyklen in etwa jedem dritten Jahr zu einem Umsatzrückgang. Mehrere branchenspezifische Merkmale sowie wirtschaftliche Faktoren tragen zu diesem Muster bei.

Globale Halbleiter-Umsätze

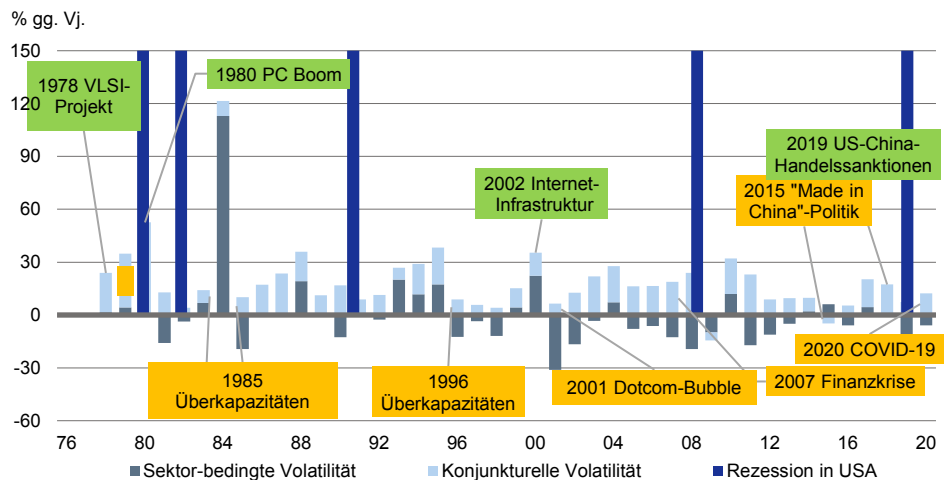
7



Quellen: SIA, Deutsche Bank Research

Globale Halbleiterindustrie: Zyklische Veränderungen der Einnahmen

8



Quellen: Deutsche Bank Research, IMF, SIA

Erstens haben die wirtschaftlichen Faktoren einen großen Einfluss auf den Umsatzzyklus. Die Branche ist stark konjunkturabhängig. Trotz der außergewöhnlich hohen Wachstumsraten ging der Umsatz in Rezessionen regelmäßig deutlich zurück. In den letzten 20 Jahren bewegte sich der Umsatz der Branche auch weitgehend im Einklang mit dem Welthandel. Die Korrelation zwischen den jährlichen Wachstumsraten des nominalen Weltumsatzes in der Branche und dem nominalen Welthandel über alle Branchen hinweg beträgt 0,65. Wir nutzen diese Synchronizität, um die konjunkturbedingten von den branchenspezifischen Effekten statistisch zu trennen.⁹ Die konjunkturbedingte Reihe berücksichtigt Veränderungen der Wechselkurse, der Inflation, des Wachstums und alle anderen globalen wirtschaftlichen Auswirkungen. Der Rest ist als branchenspezifische Entwicklung definiert. Es gibt auch einen hohen Grad an Synchronisation der Verkäufe über verschiedene Regionen hinweg, was zeigt, wie vernetzt die globalen Lieferketten sind.

Zweitens sind die Kunden an die ständigen Produktverbesserungen gewöhnt und haben Anreize, die Nachfrage vor der Einführung neuer Chip-Generationen, den sogenannten „Nodes“, zurückzustellen. Dies könnte besonders in wirtschaftlichen Abschwüngen von Bedeutung sein, wenn Kostensenkungen im Vordergrund stehen.

Drittens scheint auch die Angebotsseite zu den regelmäßigen Umsatzeinbußen beizutragen. Die Produktion neuer „Nodes“ bedarf enormer Investitionen. Diese stufenweisen Fixkosten brauchen Jahre, um sich zu amortisieren. Infolgedessen ist das Angebot vorübergehend unelastisch. Wenn die Nachfrage über die geplante Kapazität einer Fabrik hinausgeht, steigen die Preise und Gewinnspannen, und die Halbleiterunternehmen beginnen ihre Investitionen zu erhöhen.

⁹ Wir regressierten den nominalen globalen Umsatz auf den nominalen globalen Handel. Dann berechneten wir den nominalen globalen Umsatz auf der Grundlage des geschätzten Modells und bezeichneten das Ergebnis als konjunkturbezogen, während der Rest als branchenspezifische Volatilität bezeichnet wird.

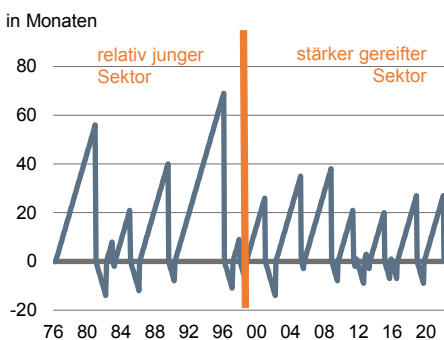


Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Viertens dauert der gesamte Produktionsprozess vom Rohmaterial bis zum integrierten Schaltkreis oft mehrere Monate. Dies impliziert lange Vorlaufzeiten. Daher ist die Produktionsplanung in der Branche eine Herausforderung. Kaum ein Unternehmen arbeitet mit großen Lagerbeständen. Oft wird eine Mischung aus Auftragsfertigung und Lagerfertigung angewandt. Doch nun haben die Pandemie und Fehleinschätzungen der Marktentwicklung die Unzulänglichkeiten dieses Ansatzes offenbart. In den ersten Monaten des Jahres 2020 brach die weltweite Nachfrage ein und Investitionspläne wurden auf Eis gelegt. Etwa zur gleichen Zeit setzte der Aufschwung ein und die Nachfrage stieg rasch über das Vorkrisenniveau, sodass es zu Engpässen kam. Infolgedessen sind die Lagerbestände sehr niedrig. Das US-Handelsministerium berichtet, dass der durchschnittliche Lagerbestand an Halbleiterprodukten von 40 Tagen im Jahr 2019 auf weniger als 5 Tage im Jahr 2021 gesunken ist.

Länge der globalen Handelszyklen

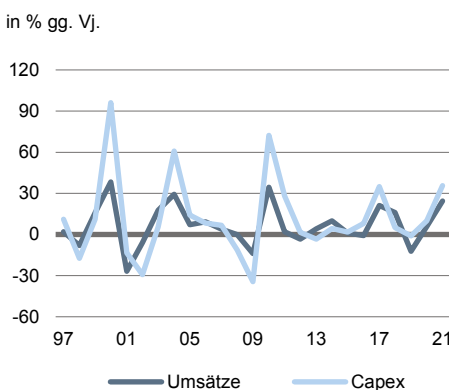
9



Quellen: SIA, Deutsche Bank Research

1997-2021 Umsätze vs. Capex

10



Quellen: Bloomberg Finance LP, Deutsche Bank Research

2.5 Die Länge der Umsatzzyklen in der Halbleiterindustrie

Auf der Grundlage des monatlichen Gesamtumsatzes definieren wir die Länge der Zyklen. Wir definieren, dass ein Zyklus andauert, wenn der Umsatz im aktuellen Monat höher als im Vormonat oder höher als der Durchschnitt der letzten 12 Monate ist. Wenn zwei Zyklen aufeinander folgen, fassen wir sie zu einem zusammen. Unsere Analyse zeigt, dass die Zyklen bis Mitte der 1990er Jahre in der jungen Branche recht unbeständig waren. Mit zunehmender Reife der Branche war das Umsatzwachstum stark mit dem Welthandel korreliert und die Zykluslänge wurde weniger volatil. Daher vergleichen wir den aktuellen Zyklus nur mit den letzten sieben Zyklen, um seine potenzielle Dauer zu bewerten. Der gegenwärtige Zyklus begann im Oktober 2019 und dauerte bis vor Kurzem an.

Mit 29 Monaten liegt er bereits über dem historischen Durchschnitt von 27,7 Monaten. Dies deutet bereits darauf hin, dass es sich nicht um eine normale Entwicklung handelt. Derzeit sorgen, wie mehrfach betont, mehrere atypische Faktoren für einen außergewöhnlichen Rückenwind:

- Enorme strukturelle Nachfragetreiber wie die Digitalisierung verschiedener Branchen auf der Grundlage privatwirtschaftlicher und öffentlicher Initiativen,
- Stärkere als normale Nachfrage aufgrund von COVID-bezogenen Impulsen,
- Versorgungsengpässe, sowohl aufgrund von COVID-Effekten als auch aufgrund der geopolitischen Spannungen.

All dies erhöht unseres Erachtens die Wahrscheinlichkeit, dass der aktuelle Zyklus länger sein wird als der längste Zyklus der letzten 25 Jahre, der zwischen 2005 und 2008 38 Monate dauerte.

Halbleiter-Konjunkturzyklen

11

Tiefstwert	Höchstwert	Dauer in Monaten	Umsatz in %	
			Tiefst- bis Höchstwert	Höchst- bis Tiefstwert
Okt 1998	Dez 2000	26,0	92,7	-46,3
Apr 2002	Mär 2005	35,0	90,0	-5,3
Jul 2005	Okt 2008	38,0	28,3	-39,0
Aug 2009	Mai 2011	21,0	85,7	-9,2
Mai 2013	Jan 2015	20,0	29,9	-9,3
Aug 2016	Nov 2018	27,0	62,7	-23,0
	Durchschn.	27,7	64,9	-22,0
Okt 2019	bis heute	27,0	61,8*	

*bis Feb 2022

Quelle: Deutsche Bank Research



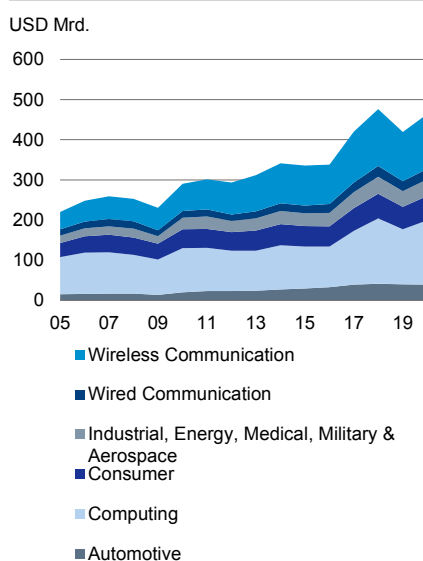
Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

2.6 Bullwhip-Effekte belasten die Effizienz von Lieferketten

In der Industrie führt die Anwendung der Einzelfertigung zu Produktionsschwankungen in den nachgelagerten Bereichen, dem sogenannten Bullwhip-Effekt. In normalen Zeiten ist die Halbleiterindustrie an diesen Effekt gewöhnt. Doch aufgrund der besonderen Umstände während der Pandemie kam es zu enormen Engpässen. Während Lieferketten im Allgemeinen durch einen kooperativen Ansatz gekennzeichnet sind, der auf einer gut funktionierenden Kommunikation zwischen Käufern und Verkäufern beruht, sind die Interessen der Nachfrage- und der Angebotsseite in der Regel gegensätzlich. Einerseits führt der Wunsch von Ingenieuren nach Hardwarekontrolle auf der Nachfrageseite (Lin et al., 2018) dazu, dass im Voraus bestellt wird, um die Verfügbarkeit von Lagerbeständen zu gewährleisten und somit Produktionsausfälle zu vermeiden. Andererseits reagieren Halbleiterhersteller sehr empfindlich auf Schwankungen in der Auftragslage, da hohe Investitionen einen stetigen Umsatzfluss erfordern. Wenn die Kundenbestellungen erheblich schwanken, können Rückkopplungsschleifen entlang der Lieferkette Prognoseabweichungen hervorrufen, wobei entweder zu pessimistische oder zu optimistische Prognosen zu künftigen Produktionsengpässen oder Überkapazitäten führen können.

Während der aktuellen Chip-Knappheit wurden Bullwhip-Effekte vor allem in der Automobilbranche, einem wichtigen Abnehmer von Halbleitern, beobachtet. Da die Verbrauchernachfrage nach Autos während des ersten Stillstands im Jahr 2020 zurückging und die Zahl der produzierten Autos sank, wurden weniger Chips benötigt und bestellt. Infolgedessen konzentrierten sich die Halbleiterhersteller auf andere Endverbraucherindustrien, vor allem auf Computer und mobile Geräte. Später, als die Lockdowns gelockert wurden und die Autoverkäufe überraschend stark anzogen, versuchten die Autohersteller, ihre Aufträge wieder zu erhöhen. Die Chiphersteller waren jedoch schnell ausgelastet und es kam zu Engpässen.¹⁰ Vor allem bei Standard-Halbleitern, die in Autos, medizinischen Geräten und im Breitbandbereich eingesetzt werden, konnte die Nachfrage nicht befriedigt werden. Dazu gehören Mikrocontroller, ältere Logikchips, analoge Chips und optoelektronische Chips. Da es sich hierbei um Standardchips mit einer Transistorgröße von mindestens 40 nm handelt, konkurrieren die Kunden um dieselbe Art von Chips. Die deutsche Industrie war besonders stark betroffen, da die Differenz zwischen Produktion und Aufträgen in Deutschland im Jahr 2021 einen historischen Höchststand erreichte und immer noch erhöht ist. Bei Hightech-Chips, die vor allem in Computern und Smartphones verbaut werden, sind die Versorgungsengpässe dagegen deutlich geringer.¹¹

2005-2020 Umsatz der Halbleiterindustrie nach Endkunden 12



Quellen: Bloomberg Finance LP, Deutsche Bank Research

2.7 Die Nachfrageseite

Etwa ein Drittel des Halbleiterumsatzes wird auf dem Markt für Computer bzw. Mobiltelefone erzielt. Weitere wichtige Verbrauchermärkte sind Haushaltsgeräte, medizinische Anwendungen und Spielkonsolen. Halbleiter werden aber auch in industriellen und militärischen Anwendungen eingesetzt.

Im Jahr 2021 stieg der Jahresumsatz mit der Automobilindustrie im Vergleich zum Vorjahr um 26%, während die Zahl der produzierten Fahrzeuge stagnierte. Dies lässt sich sowohl durch höhere Preise als auch durch eine höhere Nachfrage nach Halbleitern pro Fahrzeug erklären. Elektrofahrzeuge in ihren verschiedenen Ausführungen und Hybridvarianten erhöhen die Nachfrage nach Halbleitern. Da sich einige Automobilhersteller auf Fahrzeuge mit hoher

¹⁰ <https://www.schroders.com/en/insights/economics/the-three-drivers-of-the-spike-in-demand-for-semiconductors/>

¹¹ <https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/results-semiconductor-supply-chain-request-information>

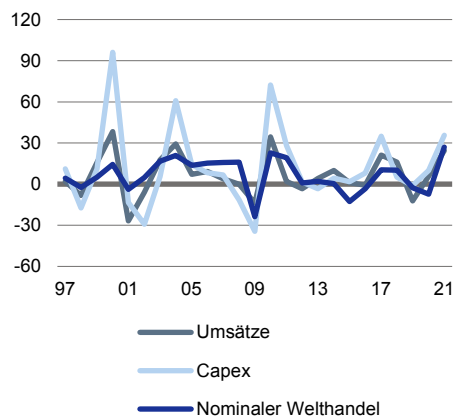


Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

1997-2021 Sales vs. Capex

13

in % gg. Vj.



Quellen: Bloomberg Finance LP, Deutsche Bank Research

Gewinnspanne und hohem Ausstattungsgrad konzentrieren, werden Fahrerassistenzsysteme die Nachfrage noch weiter steigern.

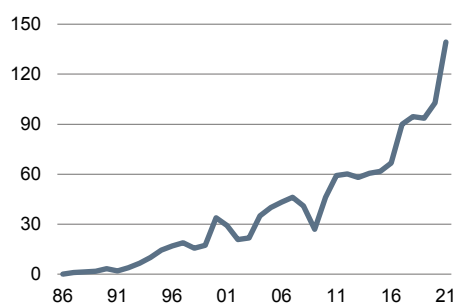
Auch die Nachfrage in anderen Sektoren wird voraussichtlich steigen. In Zukunft dürften Chips für die hochleistungsfähige mobile Breitbandkommunikation mit 5G in Infrastrukturen und Smartphones deutlich stärker nachgefragt werden. Die Einführung von 5G und 6G Edge Computing wird neue Dienste und Geschäftsmodelle eröffnen. Dies wird digitalisierte und vollständig integrierte Smart Factories, Smart Homes, Smart Cities und andere Anwendungen in Bereichen wie digitale Mobilität, digitale Gesundheit und digitale Energie ermöglichen. Der 5G-Boom wird in Kombination mit anderen Technologien wie Cloud Computing, Big Data und dem Internet der Dinge (IoT) große Mengen an Chips erfordern. Kurz gesagt, eine vollständig digitalisierte, technologiegetriebene Welt hängt von Halbleitern als Schlüsseltechnologie ab.

3. Die Zukunft der weltweiten Halbleiterproduktion

Capex Ausgaben

14

in USD Mrd.



in 55 großen Halbleiterunternehmen

Quellen: Bloomberg Finance LP, Deutsche Bank Research

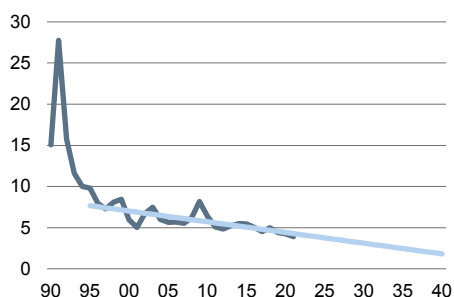
3.1 Bau weiterer Halbleiterproduktionsanlagen zur Deckung der wachsenden Nachfrage

Die Investitionsausgaben in der Branche sind sehr zyklisch. Von 1998 bis 2021 beträgt die Korrelation zwischen den jährlichen Investitionsausgaben und dem Umsatz 0,85. Kurz gesagt, die Branche investiert mehr, wenn die Umsätze steigen. Auf den ersten Blick sollte eine Glättung der Investitionsausgaben die Volatilität verringern und zumindest langfristig rentabel sein. Der Bau von Produktionsstätten ist jedoch sehr kapitalintensiv. Außerdem ist das Verhältnis von Umsatz zu Investitionen strukturell rückläufig. Ende der 1990er Jahre lag das Verhältnis bei 7, heute ist es auf unter 4 gesunken. Dies bedeutet, dass die Investitionsrisiken steigen. Im Jahr 2021 wird die Branche fast 140 Mrd. USD investieren, ein Allzeithoch und ein Plus von rund 36% gegenüber 2020 und 49% im Vergleich zu 2019. Im Jahr 2022 dürften die zahlreichen Ankündigungen der letzten Monate die Investitionsausgaben wieder in die Nähe des Niveaus von 2021 oder sogar darüber bringen.

Umsatz-Capex-Verhältnis

15

dimensionslos



Quellen: Bloomberg Finance LP, Deutsche Bank Research

Der aktuelle Investitionszyklus wurde durch eine sehr hohe Kapazitätsauslastung der Fabriken ausgelöst.^{12,13} Normalerweise liegt die Auslastung der Fabriken weltweit bei etwa 80%. Seit 2019 ist der Auslastungsgrad auf bis zu 95% angestiegen. Der Bau von mindestens 29 Fabriken mit einer geschätzten Gesamtproduktionskapazität von bis zu 2,6 Millionen Wafern pro Monat hat 2021 begonnen oder wird 2022 beginnen. Dies wird das Angebot um 13% gegenüber der Gesamtproduktionskapazität der Halbleiterindustrie von 20,8 Millionen Wafern pro Monat im Jahr 2020 erhöhen. Ein entscheidender Engpass sind jedoch die Anlagen und Werkzeuge für neue Fabriken. Es wird erwartet, dass die Halbleiterhersteller im Jahr 2023 mit der Installation von Anlagen beginnen werden, da es bis zu zwei Jahre nach dem ersten Spatenstich dauert, bis diese Phase erreicht ist. Der Kapazitätsausbau könnte sich also bis zum Jahr 2024 oder darüber hinaus hinziehen. Die Zahl der neuen Fabriken wird wahrscheinlich noch weiter steigen. Der World Fab Forecast Report (SEMI 2021) verfolgt acht weitere Projekte, die im Jahr 2022 möglicherweise ihren Baubeginn haben könnten.¹⁴ Wie wir weiter unten zeigen, bergen neue staatliche Initiativen in der

¹² <https://www.semiconductors.org/chipmakers-are-ramping-up-production-to-address-semiconductor-shortage-heres-why-that-takes-time/>

¹³ Sie ist definiert als der prozentuale Anteil der gesamten verfügbaren Produktionskapazität, der zu einem bestimmten Zeitpunkt genutzt wird, und hat zugenommen.

¹⁴ Bei der Entscheidung über den Standort von Halbleiterfabriken werden in der Regel fünf Schlüsselfaktoren berücksichtigt¹⁴: verfügbares Land, Infrastruktur (Strom, Wasser usw.), qualifizierte



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Chipindustrie und Subventionen das Risiko von Fehlallokationen, die zu Überkapazitäten führen können.

Neue Produktionsstätten für große Stückzahlen werden in drei Regionen der Welt gebaut

16

Region	Unternehmen und Standorte	Insgesamt
Asien	China: 8	
	Taiwan: 8	
	Japan: 2	
	Toshiba : Präfektur Ishikawa	20
	TSMC : Kumamoto	
	Südkorea: 2	
Amerika	USA	
	Intel : Arizona, Ohio (zwei Fabriken)	
	TSMC : Phoenix, Arizona	6
	Samsung : Austin, Texas	
	Globalfoundries : New York State	
Europa	Österreich	
	Infineon Technologies AG : Villach, Österreich	
	Deutschland	
	Bosch : Dresden	5
	TSMC : Deutschland (in Verhandlung mit der deutschen Regierung)	
	Intel : Magdeburg (zwei Fabriken)	

Quellen: SEMI (2021), verschiedene Presseberichte, Deutsche Bank Research

3.2 Wie kann die Post-COVID-Halbleiterlieferkette widerstandsfähiger gemacht werden?

Es wurden verschiedene Ansätze verfolgt, um die Anfälligkeit und Volatilität der Halbleiterlieferketten zu reduzieren. So wurden beispielsweise ausgefeilte Vorhersage-Algorithmen eingesetzt, um die Bullwhip-Effekte zu verringern – allerdings mit begrenztem Erfolg, denn die zyklischen Effekte blieben bestehen. Ein weiterer Ansatz ist die vertikale Integration, um die Risiken in der Lieferkette zu mindern. Ebenso wurden die hochkomplexen Konstruktions- und Produktionsprozesse durch langfristige und stetige Investitionen in die Forschung über mehrere Jahre hinweg widerstandsfähig und hochprofitabel gehalten.

Co-opetition als gängige Praxis

17

In der Halbleiterindustrie herrscht ein intensiver Wettbewerb, aber auch ein hohes Maß an Zusammenarbeit. Nur Unternehmen, die ständig lernen und sich anpassen, überleben in dieser Branche. Bei führenden Halbleiterunternehmen ist der Technologietransfer eine gängige Praxis, insbesondere bei Forschungsk Kooperationen und auch bei gemeinsamen Investitionen. Andrenelli *et al.* (2019) zeigen für 13 große multinationale Unternehmen im Halbleitersektor, dass Forschungsk Kooperationen die vorherrschende Form des Technologietransfers sind. In der Verarbeitenden Industrie werden Lizenzen, Joint Ventures und Kapitalbeteiligungen häufiger genutzt als Forschungsk Kooperationen.

So arbeitet der niederländische Weltmarktführer für Lithografie ASML schon seit Jahren mit Intel zusammen, um modernste Produktionstechnologien zu entwickeln.¹⁵ Im Jahr 2022 haben die Partner ihre Beziehung weiter ausgebaut.¹⁶ In ähnlicher Weise unterhält TSMC technologische Kooperationspartnerschaften mit mehreren Zulieferern.¹⁷ Auch die Automobilhersteller intensivieren angesichts der aktuellen Chipknappheit ihre Zusammenarbeit mit Halbleiterunternehmen, um Engpässe in Zukunft zu vermeiden.

Quelle: Deutsche Bank Research

Fachkräfte, keine Naturkatastrophen und günstige steuerliche Anreize. <https://www.forbes.com/sites/tiriasresearch/2021/03/23/arizona-becomes-us-semiconductor-central/>

¹⁵ <https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-and-asml-reach-agreements-to-accelerate-key-next-generation-semiconductor-manufacturing-technologies/>

¹⁶ <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2022/intel-and-asml-strengthen-their-collaboration-to-drive-high-na-into-manufacturing-in-2025/>

¹⁷ <https://pr.tsmc.com/english/news/2898>



3.3 Exkurs: Die nächsten Generationen von Halbleitern

3.3.1 Neuartige 3D-Chip-Architekturen ermöglichen noch winzigere Chips

Die meisten modernen Chips, die heute hergestellt werden, haben eine Größe von weniger als 10 nm. Die physikalische Grenze bei Chips in der Versuchproduktion liegt jedoch derzeit bei 3 nm. Die Massenproduktion wird voraussichtlich im Jahr 2022 beginnen. Es wird viel geforscht, um noch kleinere und leistungsfähigere Chips herzustellen. Angesichts der physikalischen Grenzen atomarer Strukturen im Nanobereich ist die Schaffung neuer Nodes sehr komplex. Bei der Entwicklung und Herstellung von Halbleitern im Nanometerbereich müssen die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen ultradünnen Materialien und Interferenzen durch elektromagnetische Effekte berücksichtigt werden. Die Lösung könnte in neuartigen dreidimensionalen (3D) nano-elektronischen Architekturen liegen. Nach mehreren Jahren der Erforschung neuer Materialien im Bereich der Nanotechnologie wurden nun neue Anwendungen vorgestellt, zum Beispiel:

- IBM hat seinen ersten 2nm-Chip mit Verbesserungen bei der Chipleistung und Energieeffizienz angekündigt.¹⁸ Dieser neue Meilenstein basiert auf einem 3D-Design mit vertikal gestapelten Transistoren auf einem Chip.
- TSMC, in Zusammenarbeit mit der National Taiwan University (NTU) und dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), will erfolgreich einen 1 nm-Chip entwickelt haben.

Obwohl dies wichtige Meilensteine in der Forschung sind, könnte es noch mehrere Jahre dauern, bis die neuen Nodes in industriellem Maßstab hergestellt werden können.

3.3.2 Suche nach neuen Materialien: Nanoelektronik in der Post-Silizium-Ära

Eine andere Richtung für neue Generationen von Halbleitern ist das Ersetzen von Silizium. Die Suche nach neuen 2-dimensionalen (2D) Materialien¹⁹ auf atomarer Ebene wie Siliziumkarbid und einer neuen Generation von Materialien im Nanomaßstab (sogenannte Xenos) als Material zur Herstellung von Halbleitern hat bereits begonnen. Allerdings müssen noch Machbarkeitsprobleme wie der hohe Widerstand und die geringe Stromfestigkeit von 2D-Materialien überwunden werden. Neue Lösungen in Form von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNTs)²⁰ werden derzeit getestet. Dies könnte zu einer neuartigen Architektur für Logikchips mit modernen 3-D System-on-a-Chip-Designs führen. Dies würde einen weiteren Weg zu noch leistungsfähigeren Halbleitern über das Jahr 2030 hinaus eröffnen.

4. Geopolitik verändert die Lieferketten

Chips sind ein strategischer Bestandteil der militärischen, wirtschaftlichen und industriellen Basis von Supermächten und stehen daher „im Zentrum starker geostrategischer Interessen und im Mittelpunkt des globalen technologischen

¹⁸ <https://newsroom.ibm.com/2021-05-06-IBM-Unveils-Worlds-First-2-Nanometer-Chip-Technology,-Opening-a-New-Frontier-for-Semiconductors>

¹⁹ Fiori, Gianluca et al. (2014). Electronics based on two-dimensional materials. *NATURE Nanotechnology*, Vol. 9, S. 768-779.

²⁰ Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT) sind eine quasi-eindimensionale (1D) atomare Struktur mit einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Siehe z.B.: Shanmugam, Nandhinee Radha, und Shalini Prasad (2018). Characteristics of Carbon Nanotubes for Nanoelectronic Device Applications. In: Morris, J.E. (ed.) *Nanopackaging*. Springer International, Cham. Chapter 18, pp. 597-628. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90362-0_18



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Wettlaufs“.²¹ Während Offshoring und Onshoring von Produktionsstätten in der Halbleiterindustrie seit Langem bekannte Phänomene sind, wird der Handelsstreit zwischen den USA und China, der sich auch zu einem Kampf um die technologische Vorherrschaft entwickelt hat, die künftige Entwicklung im Sektor stark beeinflussen. Die Halbleitermärkte sind global und werden es wahrscheinlich auch bleiben, da Spezialisierung und internationale Arbeitsteilung die Effizienz erhöhen. Geopolitische Spannungen haben jedoch in der jüngsten Vergangenheit Investitionsentscheidungen beeinflusst. So kündigte GlobalFoundries (GF), der viertgrößte Halbleiterhersteller der Welt, der 2009 als Spin-off von AMD gegründet wurde, 2017 eine Investition von 10 Mrd. USD für den Bau einer neuen Fabrik in Chengdu (VR China) an. Im Jahr 2018 stellte GF seine Pläne ein und 2019 wurde die gesamte installierte Ausrüstung wieder deinstalliert.²²

Jüngste Entwicklungen erhöhen die Bedeutung der Geopolitik. Zum Beispiel

- globale Sanktionen gegen Russland und
- Onshoring und politische Maßnahmen zur Förderung und Schaffung von Anreizen für eine regionale oder nationale souveräne Versorgung mit Halbleitern in den USA, der EU, China und anderen Ländern

führen zu einer teilweisen Umgestaltung globaler Lieferketten und in einigen Fällen sogar zu einer teilweisen Deglobalisierung.

4.1 Geopolitische Spannungen, digitale Souveränität und geplante Gesetze

4.1.1 Die Vereinigten Staaten

Gemeinsam genießen die USA und die mit ihnen verbündeten Länder und Regionen in praktisch jedem Segment der Lieferkette einen Wettbewerbsvorteil. Vor 1984 – in den Anfängen der Chipindustrie – waren Forschung und Innovation in der Halbleiterchip-Entwicklung durch „Chip-Piraterie“ bedroht. Damals wurde eine Gesetzeslücke ausgenutzt und Halbleiterchips ohne Erlaubnis kopiert und vertrieben. Diese Gesetzeslücke wurde in den USA durch den „Semiconductor Chip Protection Act“ von 1984 (oder SCPA) und später durch ähnliche Gesetze in Japan, der Europäischen Gemeinschaft (EG) und dem Vereinigten Königreich geschlossen. Angesichts der enormen Lieferengpässe wird heute erneut darüber diskutiert, wie Innovation und Wettbewerbsfähigkeit gestärkt und eine größere Widerstandsfähigkeit im Falle einer Störung der globalen Handelswege erreicht werden kann.

Der US-Senat hat im Juni 2021 den „US Innovation and Competitiveness Act“ verabschiedet, der Subventionen in Höhe von insgesamt USD 250 Mrd. vorsieht, von denen USD 52 Mrd. für die nationale Produktion von Halbleitern vorgesehen sind. Dieses Gesetz, zu dem auch das CHIPS-Gesetz gehört, wurde im Repräsentantenhaus bis Januar 2022 blockiert, was die Vorstandsvorsitzenden von Halbleiterherstellern und anderen Branchen dazu veranlasste, in einem Schreiben an führende Politiker des US-Kongresses ihre Bedenken zum Ausdruck zu bringen. Am 25. Januar 2022 brachte das US-Repräsentantenhaus einen eigenen Gesetzentwurf („America Competes Act“) ein, der auf den Gesetzentwurf des US-Senats reagierte und USD 45 Mrd. zur Unterstützung der Widerstandsfähigkeit der Lieferketten enthielt. Der Gesetzentwurf wurde am 4.

²¹ Blogbeitrag von Thierry Breton (15. September 2021): https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race_en

²² <https://www.eetimes.com/globalfoundries-abandons-chengdu-wafer-fab/>



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Februar 2022 im Repräsentantenhaus und am 30. März 2022 im US-Senat verabschiedet.

US-amerikanische Gesetzgebung zu Halbleitern

18

US CHIPS-Gesetz

Das CHIPS-Gesetz (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act), das in das umfassendere Wettbewerbsgesetz eingebettet ist, enthält Zuweisungen für die inländische Halbleiterproduktion und Anreize für Investitionen in neue Halbleiterfertigungsanlagen in den USA.

US FABS-Gesetz

Der Facilitating American-Built Semiconductors Act (oder FABS Act) wurde am 17. Juni 2021²³ in den US-Senat eingebracht und sieht eine neue Steuergutschrift für Investitionen in eine Halbleiterfertigungsanlage vor.

Quelle: Deutsche Bank Research

4.1.2 Die Europäische Union (EU)

Europa ist ein führendes Zentrum für die Halbleiterforschung. Europäische Unternehmen haben auch eine starke Position als Lieferanten von Materialien und Ausrüstungen, die für den Betrieb großer Fabriken in aller Welt benötigt werden. Trotz dieser positiven Aspekte ist der Anteil der EU an der weltweiten Halbleiterproduktion von 22% im Jahr 1998 auf 8% im Jahr 2021 zurückgegangen. Um auf diesen dramatischen Rückgang zu reagieren, hat die EU eine Strategie für „Digitale Souveränität“²⁴ entworfen. Die damit zusammenhängende Gesetzgebung eines Europäischen Chipgesetzes²⁵ („EU Chips Act“) wurde von der EU-Präsidentin Ursula von der Leyen in ihrer Rede zur Lage der Europäischen Union am 15. September 2021 angekündigt. Wenn die Verordnung angenommen wird, wird sie in der gesamten EU unmittelbar anwendbar sein. Das europäische Chips-Gesetz zielt darauf ab, die Halbleiter-Produktion in der EU-27 bis 2030 zu vervierfachen und deckt Themen ab, die von der Änderung der Regeln für staatliche Beihilfen zur Unterstützung von Produktionsstätten bis hin zur Übernahme von Beteiligungen an Start-ups reichen.²⁶ Darüber hinaus hat die Europäische Kommission vernetzte und autonome Fahrzeuge als strategisches Cluster identifiziert, da die EU im Vergleich zu anderen Weltregionen stärker von der Automobilindustrie abhängig ist. Nach Angaben des Europäischen Verbands der Automobilzulieferer entfallen in der EU etwa 37% der Halbleiternachfrage auf den Automobilsektor, während es weltweit nur 10% sind.²⁷

Von den 20 weltweit führenden Halbleiterunternehmen sind drei in Europa ansässig:

- Das in Genf ansässige Unternehmen STMicroelectronics wurde 1987 gegründet. Das Unternehmen hat auch wichtige Tochtergesellschaften in Frankreich und Italien.
- Infineon Technologies, 1999 als Spin-off von SIEMENS gegründet, ist der größte Halbleiterhersteller in Deutschland.
- NXP Semiconductors wurde 2006 als Spin-off des niederländischen Elektronikunternehmens Philips gegründet.

²³ <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/2107>

²⁴ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651992/EPRS_BRI\(2020\)651992_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651992/EPRS_BRI(2020)651992_DE.pdf)

²⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0045>

²⁶ <https://www.weforum.org/videos/davos-agenda-2022-special-address-by-ursula-von-der-leyen-president-of-the-european-commission-original>

²⁷ <https://clepa.eu/mediaroom/automotive-suppliers-highlight-strategic-role-in-eu-semiconductor-policy/>



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Die ambitionierten Technologiestrategien der USA und Chinas stellen für europäische Unternehmen ein Risiko dar.²⁸ Es ist an sich ein ehrgeiziges Ziel, dass 20% der weltweiten Mikrochips bis 2030 in der EU-27 produziert werden sollen. Die Summe der von der EU-Kommission für den Zeitraum 2021 bis 2030 vorgesehenen Anreize für die Halbleiterindustrie beträgt jedoch nur einen Bruchteil dessen, was z.B. China und die USA im gleichen Zeitraum investieren wollen.

4.1.3 VR China

Während Chinas Handelsüberschuss insgesamt auf einen neuen Höchststand von USD 689 Mrd. im Jahr 2021 anstieg, erreichte das Handelsdefizit bei Halbleitern USD 233 Mrd. im Jahr 2021 gegenüber USD 202,8 Mrd. im Jahr 2019. Aufgrund dieser hohen Importabhängigkeit ist die Steigerung der nationalen Produktion ein wichtiges Ziel.²⁹ Im Jahr 2015 kündigte China seine Politik „Made in China 2025“ (MIC 2025) an, einen Zehnjahresplan für die Umwandlung von einem regionalen Fertigungsriesen in eine weltweite Führungsrolle. Dies wird von vielen Analysten als einer der Auslöser für den Technologiestreit zwischen den USA und China angesehen. Seitdem baut China systematisch Kapazitäten auf und erhöht seine Beteiligung an den globalen Chip-Lieferketten auf Unternehmensebene (Sun und Grimes 2016). In den letzten Jahren hat sich China bereits zu einem wichtigen Akteur in diesem Sektor entwickelt (Grimes und Du, 2020). Chinas Weltmarktanteil am Umsatz stieg von unter 5% im Jahr 2017 auf heute vermutlich über 10%. Damit ist das Land zum drittgrößten Produzenten weltweit geworden. Chinas größtes Halbleiterunternehmen ist das in Shanghai ansässige Unternehmen SMIC mit einem für 2021 gemeldeten Umsatz von USD 5,4 Mrd. Es gibt auch einen Ansturm neuer Unternehmen auf die Chipindustrie. Im Jahr 2020 waren fast 15.000 chinesische Firmen als Halbleiterunternehmen registriert. Viele von ihnen sind Fabless Start-ups, die sich beispielsweise auf KI-Computing und andere High-End-Chipdesigns spezialisiert haben.

Die Versuche Chinas, die Lieferketten zu seinen Gunsten umzugestalten, und die zugrunde liegenden digitalen Ambitionen Chinas (NBR 2022) haben in anderen Ländern zu Bedenken hinsichtlich der nationalen und internationalen Sicherheit geführt. Die sich abzeichnende Rolle Chinas in der globalen Halbleiter-Wertschöpfungskette (Grimes und Du 2020) steht auch im Einklang mit dem politischen Wandel hin zur „Dual Circulation Strategy (DCS)“, die von Präsident Xi Jinping im April 2020 vorgestellt wurde. Doppelter Kreislauf („Dual Circulation“) ist eine Metapher für die Art und Weise, wie China seine Verflechtung mit der Weltwirtschaft steuert, indem es den Schwerpunkt auf inländische Innovation und Eigenständigkeit legt. Dies wurde als „ein robustes, staatlich unterstütztes Bestreben beschrieben, die Vereinigten Staaten von der globalen Technologieführerschaft zu verdrängen“³⁰ und ist Teil des Hintergrunds für den laufenden Technologiekrieg zwischen den USA und China. Die Kommunistische Partei Chinas ist dabei, China umzugestalten und „einen neuen Weg einzuschlagen, um ein in jeder Hinsicht modernes sozialistisches Land aufzubauen“.³¹

²⁸ Nardon, Laurence (Hrsg.) (2020). Technologiestrategien in China und den Vereinigten Staaten und die Herausforderungen für europäische Unternehmen. Etudes de l'IFRI. Institut français des relations internationales (IFRI), Paris.

²⁹ <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-clo-in-on-europe-and-japan/>

³⁰ <https://www.brookings.edu/testimonies/the-united-states-china-and-the-contest-for-the-fourth-industrial-revolution/>

³¹ <https://www.weforum.org/events/the-davos-agenda-2022/sessions/special-address-by-xi-jinping-president-of-the-peoples-republic-of-china>



4.2 Technische Normen und die Integrität der Normungsgremien

Technische Normen sind von entscheidender Bedeutung für Innovationen und insbesondere für die künftigen Märkte für digitale Dienste und Produkte. Einschlägige Normungsgremien für die digitale Industrie sind entweder privatwirtschaftlich freiwillige Organisationen wie die Internationale Standardisierungs-Organisation (ISO) bzw. die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) oder öffentlich finanzierte Sonderorganisationen der Vereinten Nationen wie beispielsweise die Internationale Fernmeldeunion (ITU). Die Festlegung von Normen erfolgt in von der Industrie geleiteten Kommissionen, in denen Vertreter privater großer Technologieunternehmen, Technologieexperten und nationale Normungsgremien zusammenkommen, um Normen für digitale Geräte und die zugehörige Infrastruktur festzulegen. Idealerweise soll die Festlegung von Normen dazu beitragen, echte Wettbewerbsfähigkeit und Fairness zu wahren und eine unangemessene Kontrolle durch ein einzelnes Unternehmen oder Land zu verhindern.

Ein Beispiel für die Festlegung von Normen sind die Normen für die nächste Generation von Kommunikationssystemen auf der Grundlage von 5G und 6G. Diese Systeme werden eine energieeffiziente Hochgeschwindigkeits-Kommunikation mit hohen Bandbreiten für Smartphones und IoT-Geräte bieten, die alle über integrierte Halbleiter verfügen. Um die Interoperabilität zwischen verschiedenen digitalen Systemen und Geräten zu erreichen, sind transparente Interoperabilitätsstandards erforderlich. Die Entwicklung solcher Standards und Protokolle für die mobile Telekommunikation ist das Ziel des 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Es handelt sich um eine Dachinitiative einer Reihe von Normungsorganisationen aus den USA, Europa und Asien, die Marktpartner einladen können. Das 1998 gegründete 3GPP hat sich zum Ziel gesetzt, technische Spezifikationen zu erarbeiten, die es ermöglichen, dass mobile Geräte aller Hersteller in allen Kommunikationsnetzen einwandfrei funktionieren.

4.2.1 Die EU

Im Februar 2022 präsentierte die EU-Kommission die EU-Strategie zur Normung³² vor dem Hintergrund, dass die EU-27 Gefahr läuft, angesichts der Marktdominanz US-amerikanischer und chinesischer Tech-Giganten und der Versuche, globale Regeln und Normen umzuschreiben, in den globalen Normungsorganisationen zurückzufallen.

4.2.2 Die Vereinigten Staaten

Wie von der US-Handelskammer (2022) vorgeschlagen, sollten die USA versuchen, die Bedeutung starker Governance-Praktiken in internationalen Normungsgremien zu stärken, um faire, ausgewogene, industriegeführte und konsensbasierte Prozesse zu fördern und Verzerrungen zu verhindern.

4.2.3 VR China

Da chinesische Unternehmen immer wettbewerbsfähiger werden und einige bereits eine führende Marktposition erreicht haben, hat dies Befürchtungen hervorgerufen, dass China digitale Geschäftsmodelle und Lösungen „Made in China“ exportieren könnte, um künftig digitale Branchen zu dominieren.³³ Chinas digitale Ambitionen (NBR 2022) werden durch die chinesische Politik formuliert, z.B.

³² <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/48598>

³³ <https://itif.org/publications/2021/11/08/mapping-international-5g-standards-landscape-and-how-it-impacts-us-strategy>



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

im Bereich der Normung durch den offiziellen Prozess China Standards 2035, eines der Vorzeigeprojekte der chinesischen Führung für das kommende Jahrzehnt. Es besteht die Gefahr, dass sich die Interessenkonflikte zwischen China und anderen Ländern zu einem kalten Krieg im Technologiebereich ausweiten.³⁴

Insgesamt ist die Integrität der Normungsgremien ein hohes öffentliches Gut. Daher müssen Good-Governance-Mechanismen gewährleistet und überwacht werden – und es sollten Anreize für die Beteiligung der Industrie an der Normung geschaffen werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick – der gegenwärtige Zyklus könnte noch länger andauern

5.1 Die derzeitigen Engpässe werden wahrscheinlich noch anhalten

Sowohl die Nachfrage- als auch die Angebotsfaktoren deuten auf eine anhaltende Verknappung über einen längeren Zeitraum hin.

Die Nachfrage nach Halbleitern ist nach wie vor hoch, insbesondere bei Computern, Smartphones und im Automobilsektor, und könnte sich aufgrund des Nachholbedarfs nach Corona noch beschleunigen. Darüber hinaus erwarten wir die Einführung von Technologien wie 5G-Breitband-Smartphones, IoT-Sensoren mit 6G Edge Computing und weitere. Dies dürfte den Weg für Smart Factories, Smart Homes und autonome Systeme ebnen. Es scheint klar, dass dies zu einer vollständigen Digitalisierung unserer Gesellschaft führen und die Nachfrage strukturell ankurbeln wird.

Auf der Angebotsseite könnten weitere Corona-Wellen wie derzeit in China, insbesondere in der Halbleiter-Hochburg Shanghai³⁵, wiederholt die Lieferketten behindern. Neue Corona-Varianten könnten im Herbst 2022 und darüber hinaus zu weiteren Infektionswellen führen. Ein weiterer Engpass wird durch geopolitische Spannungen verursacht, die die Lieferung von Palladium aus Russland und von Neongas aus der Ukraine verringern dürften. Als Folge dieser Entwicklungen befinden sich die Chipbestände heute auf einem historischen Tiefstand. Dies deutet auf einen sehr langen Zyklus hin. Dies gilt auch für den Kapazitätsaufbau, der mehrere Jahre dauern wird. Die im Bau befindlichen Fabriken werden im Jahr 2023 oder später fertiggestellt. Engpässe bei der Versorgung mit Materialien und Ausrüstung für Fabriken könnten die Fertigstellung von Fabriken ebenfalls verzögern. Auch die Ausbildung des Personals und das Hochfahren der Produktionsprozesse werden einige Zeit in Anspruch nehmen.

Aufgrund dieser Sachzwänge ist es sehr wahrscheinlich, dass die Dauer des aktuellen Zyklus sogar den sehr langen Zyklus von Juli 2005 bis Oktober 2008 übertreffen wird, der 38 Monate dauerte.

Wir gehen davon aus, dass der gegenwärtige Zyklus mindestens bis Ende 2023 andauern könnte. In diesem Fall würde der Zyklus 51 Monate betragen. Darüber hinaus könnten sich die derzeitigen Handelsspannungen zwischen den USA und China zu einem Tech-Krieg ausweiten. Dann könnte die vollständige Desinvestition von GlobalFoundries in China schon vor der Pandemie nur der Anfang einer weiteren Entflechtung zwischen beiden Volkswirtschaften gewesen sein.

³⁴ <https://dmr.altius.ai/2021/09/18/chinas-standards-2035-project-could-result-in-a-technological-cold-war-the-diplomat/>

³⁵ <https://technode.com/2022/04/20/silicon-how-shanghais-semiconductor-industry-is-coping-with-lockdown/>



5.2 Mittelfristig drohen Überkapazitäten

Gegenwärtig sind die Regierungsinitiativen in den USA, Europa und anderen Ländern im indopazifischen Raum bestenfalls lose koordiniert und könnten zu Fehlallokationen führen, die Überkapazitäten zur Folge haben. Diese Entwicklungen könnten zu einem noch stärkeren Aufbau von Kapazitäten führen. Aber auch ohne einen Technologiekrieg sind Überkapazitäten wahrscheinlich. Wir haben gezeigt, dass die Halbleiterindustrie stark konjunkturabhängig ist. Wenn das globale Wachstum 2023/24 zurückgeht – wie von unseren Kollegen vorhergesagt –, dann dürfte auch die Nachfrage nach Halbleitern sinken. Überkapazitäten sind ein wiederkehrendes zyklisches Merkmal der Halbleitermärkte. Zu den Faktoren, die potenziell zu Überkapazitäten führen können, gehören sowohl Bullwhip-Effekte als auch Subventionen. In den letzten sieben Halbleiterzyklen seit 1998 gingen die Umsätze nach dem Höhepunkt des Zyklus im Durchschnitt um 22% zurück, vom Höhepunkt bis zum Tiefpunkt. Heute beobachten wir einen ziemlich langen und sehr speziellen Zyklus. Es wäre daher nicht verwunderlich, wenn wir erneut einen ähnlichen oder noch stärkeren Umsatzrückgang erleben würden.

Wir haben auch gezeigt, dass immer mehr Investitionsausgaben erforderlich sind, um den weltweiten Halbleiterumsatz zu steigern. Das Verhältnis von Umsatz zu Investitionen ist von 7 in den 1990er Jahren auf weniger als 4 im Jahr 2021 gesunken. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Risiken bei den Investitionsausgaben strukturell nach oben tendieren. Vermutlich werden neue Technologien und Chiptypen benötigt, um die Risiken wieder zu verringern. Nach 2030 könnten langfristige Investitionen in die Forschung Früchte tragen. Neue Chip-Architekturen und Chip-Designs könnten die Leistung von Halbleitern weiter verbessern. Auf lange Sicht könnte die Branche in eine Post-Silizium-Ära eintreten. Das Mooresche Gesetz könnte intakt bleiben.

Hermann P. Rapp (+49 69 910-43893, hermann-paul.rapp@db.com)
Jochen Möbert (+49 69 910-31727, jochen.moebert@db.com)

Literaturverzeichnis

Accenture GSA (2020). Globalität und Komplexität des Halbleiter-Ökosystems. Gemeinsame Studie von Accenture und Global Semiconductor Alliance (GSA). [Online] Verfügbar unter: <https://www.accenture.com/us-en/insights/high-tech/semiconductor-ecosystem>

Andrenelli, Andrea et al. (2019). International Technology Transfer Policies. OECD Trade Policy Papers No. 222. OECD Publishing. Paris. [online] Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1787/7103eabf-en>

CLEPA (2021). Widerstandsfähigkeit der Halbleiterfertigung und der Lieferkette. Aufbauend auf Stärken und Erfassen von Chancen. Report. Europäischer Verband der Automobilzulieferer (CLEPA), Brüssel. [Online] Verfügbar unter: <https://clepa.eu/wp-content/uploads/2021/10/CLEPA-position-on-semiconductors-final2-updated.pdf>

Dyatkin, Boris (2021). Während die Transistoren schlanker werden, wachsen die Herausforderungen bei der Herstellung von Mikrochips. Nachrichten & Analyse. Wissenschaftspolitik. Materials Research Society. MRS Bulletin, Vol. 46, S. 16-18. [online] Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1557/s43577-020-00001-3>



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

Gereffi, Gary, und Joonkoo Lee (2012). Why the World Suddenly Cares About Global Supply Chains. *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 48 (3), S. 24-32.

Grün, Danny (1984). Chip-Lieferungen sollen wachsen. *Datenverarbeitung*, Vol. 26 (7), S. 30-31.

Grimes, Seamus, und Debin Du (2020). Chinas neue Rolle in der globalen Halbleiter-Wertschöpfungskette. *Telecommunications Policy*. [Online] DOI: 10.1016/j.telpol.2020.101959

IDC (2021). Weltweiter Halbleiterumsatz wuchs 2020 trotz COVID-19 um 5,4% und weiteres Wachstum wird für 2021 prognostiziert. According to IDC. [Online] Verfügbar unter: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS47424221>

Khan, Saif M. et al. (2021). Die Halbleiter-Lieferkette: Assessing National Competitiveness. CSET Issue Brief. Zentrum für Sicherheit und aufkommende Technologie (CSET). Georgetown Universität, Washington D.C.

Kleinhans, Jan-Peter, und Nurzat Baisakova (2020). Die globale Halbleiter-Wertschöpfungskette. Eine Technologiefibel für politische Entscheidungsträger. Stiftung Neue Verantwortung e.V. (NV). Berlin. [Online] Verfügbar unter: <https://www.stiftung-nv.de/en/publication/global-semiconductor-value-chain-technology-primer-policy-makers>

Lin, Junyi et al. (2018). Dynamic analysis and design of a semiconductor supply chain: a control engineering approach. *International Journal of Production Research*. Vol. 56 (13), S. 4585-4611.

McKinsey (2021). Automobil-Halbleiter für das autonome Zeitalter. [Online] Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/automotive-semiconductors-for-the-autonomous-age>

NBR (2022). Chinas digitale Ambitionen. Eine globale Strategie zur Verdrängung der liberalen Ordnung. NBR Special Report No. 97. Center for Innovation, Trade, and Strategy. National Bureau for Asian Studies, Washington, D.C. [online] Verfügbar unter: <https://www.nbr.org/publication/chinas-digital-ambitions-a-global-strategy-to-supplant-the-liberal-order/>

SEMI (2021). World Fab Forecast. Verfügbar unter: <https://www.semi.org/en/products-services/market-data/world-fab-forecast>

Shattuck, Thomas J. (2021). Stuck in the Middle: Taiwan's Semiconductor Industry, the U.S.-China Tech Fight, and Cross-Strait Stability. *Orbis*. Vol. 65 (1), S. 101-117.

SIA (2016). Beyond Borders: The Global Semiconductor Value Chain. San Jose, CA. Semiconductor Industry Association (SIA), Mai 2016, 6-7. [Online] Verfügbar unter: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-May-6-1.pdf>

Sun, Yutao, und Seamus Grimes (2016). China's increasing participation in IC-T's global value chain: A firm level analysis. *Telecommunications Policy*. Vol. 40, S. 210-224.

US-Handelskammer (2022). Die digitale Handelsrevolution. How U.S. Workers and Companies Can Benefit from a Digital Trade Agreement. [online] Verfügbar unter: <https://www.uschamber.com/international/trade-agreements/the-digital-trade-revolution-how-u-s-workers-and-companies-can-benefit-from-a-digital-trade-agreement>

US-Handelsministerium (2022). Ergebnisse der Informationsanfrage zur Halbleiterlieferkette. Blog am 25. Januar 2022. [online] Verfügbar unter: <https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/results-semiconductor-supply-chain-request-information>



Ein außergewöhnlicher Halbleiterzyklus

WEF (2022). Wenn die Chips ausfallen: Wie die Halbleiterindustrie mit einer weltweiten Knappheit umgeht. World Economic Forum. Genf. [online] Verfügbar unter: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/semiconductor-chip-shortage-supply-chain/>

WSTS (2021). WSTS-Halbleitermarktprognose Herbst 2021. The World Semiconductor Trade Statistics (WSTS). [Online] Verfügbar unter: <https://www.wsts.org/76/Recent-News-Release>

© Copyright 2022. Deutsche Bank AG, Deutsche Bank Research, 60262 Frankfurt am Main, Deutschland. Alle Rechte vorbehalten. Bei Zitaten wird um Quellenangabe „Deutsche Bank Research“ gebeten.

Die vorstehenden Angaben stellen keine Anlage-, Rechts- oder Steuerberatung dar. Alle Meinungsäußerungen geben die aktuelle Einschätzung des Verfassers wieder, die nicht notwendigerweise der Meinung der Deutsche Bank AG oder ihrer assoziierten Unternehmen entspricht. Alle Meinungen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Meinungen können von Einschätzungen abweichen, die in anderen von der Deutsche Bank veröffentlichten Dokumenten, einschließlich Research-Veröffentlichungen, vertreten werden. Die vorstehenden Angaben werden nur zu Informationszwecken und ohne vertragliche oder sonstige Verpflichtung zur Verfügung gestellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Angemessenheit der vorstehenden Angaben oder Einschätzungen wird keine Gewähr übernommen.

In Deutschland wird dieser Bericht von Deutsche Bank AG Frankfurt genehmigt und/oder verbreitet, die über eine Erlaubnis zur Erbringung von Bankgeschäften und Finanzdienstleistungen verfügt und unter der Aufsicht der Europäischen Zentralbank (EZB) und der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) steht. Im Vereinigten Königreich wird dieser Bericht durch Deutsche Bank AG, Filiale London, Mitglied der London Stock Exchange, genehmigt und/oder verbreitet, die von der UK Prudential Regulation Authority (PRA) zugelassen wurde und der eingeschränkten Aufsicht der Financial Conduct Authority (FCA) (unter der Nummer 150018) sowie der PRA unterliegt. In Hongkong wird dieser Bericht durch Deutsche Bank AG, Hong Kong Branch, in Korea durch Deutsche Securities Korea Co. und in Singapur durch Deutsche Bank AG, Singapore Branch, verbreitet. In Japan wird dieser Bericht durch Deutsche Securities Inc. genehmigt und/oder verbreitet. In Australien sollten Privatkunden eine Kopie der betreffenden Produktinformation (Product Disclosure Statement oder PDS) zu jeglichem in diesem Bericht erwähnten Finanzinstrument beziehen und dieses PDS berücksichtigen, bevor sie eine Anlageentscheidung treffen.