

ONLINE-PUBLIKATION

Wolfgang Müller

Europa muss in der Chipindustrie aufholen – aber wie?

**Die globale Halbleiterindustrie,
der Chipkrieg der USA gegen China
und eine abgehangte EU**

**ROSA
LUXEMBURG
STIFTUNG**

WOLFGANGMÜLLER ist Informatiker und Sozialwissenschaftler. Er hat mehrere Jahre in China gelebt und für die IG Metall ein Netzwerk von Arbeitnehmervertreter*innen in Betrieben mit chinesischen Investoren aufgebaut sowie China-Studienreisen organisiert. Sein neues Buch «China – neuer Hauptfeind des Westens? erscheint im VSA Verlag.

IMPRESSUM

ONLINE-Publikation 1/2023

wird herausgegeben von der Rosa-Luxemburg-Stiftung

V. i. S. d. P.: Albert Scharenberg

Straße der Pariser Kommune 8A · 10243 Berlin · www.rosalux.de

ISSN 2567-1235 · Redaktionsschluss: April 2023

Lektorat: TEXT-ARBEIT, Berlin

Layout/Satz: MediaService GmbH Druck und Kommunikation

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Rosa-Luxemburg-Stiftung.
Sie wird kostenlos abgegeben und darf nicht zu Wahlkampfzwecken verwendet werden.

WOLFGANG MÜLLER

EUROPA MUSS IN DER CHIPINDUSTRIE AUFHOLEN - ABER WIE?

DIE GLOBALE HALBLEITERINDUSTRIE, DER CHIPKRIEG DER USA GEGEN CHINA UND EINE ABGEHÄNGTE EU

Halbleiter oder Chips sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Vom Handy über die Waschmaschine bis zum Akkuschauber, von den Sensoren im Auto bis zur Fernsteuerung für den Fernseher, von der Überwachung und Steuerung von Maschinen und Anlagen in der Industrie bis zur militärischen Kontrolle des Luftraums: Sie sind so etwas wie die fundamentalen Bausteine einer modernen Volkswirtschaft. Während das Thema in der öffentlichen Debatte in Deutschland lange kaum eine Rolle spielte, hat sich dies zuletzt massiv geändert. Plötzlich gibt es Schlagzeilen über staatliche Milliardensubventionen für neue Chipfabriken. Die Ansiedlung einer Chipfabrik des kleineren Chipherstellers Wolfspeed aus den USA – früher eine Randnotiz – schaffte es unlängst in die Tagesschau. Zudem haben die USA einen Wirtschaftskrieg gegen China begonnen, bei dem es darum geht, ob die USA weiterhin die globale Vorherrschaft bei den zentralen Zukunftstechnologien und deren elementaren Grundlagen, Halbleiter und Chips, behalten werden.

AM ANFANG STAND DAS MILITÄR: HISTORIE UND GEGENWÄRTIGER ZUSTAND DER ZUKUNFTSBRANCHE

Halbleiter sind das ultimative Produkt der kapitalistischen Globalisierung: Entwickelt wurden sie in den 1950er-Jahren in den USA, im Silicon Valley an der kalifornischen Westküste und um Boston herum an der Ostküste, und zwar im Auftrag und auf Rechnung des Pentagon. Verbaut wurden die neuartigen Komponenten ursprünglich von der Rüstungsindustrie. Denn für den Rüstungswettlauf im Kalten Krieg brauchte das Pentagon miniaturisierte Rechenleis-

tung für die Computer zur Raketensteuerung. Diese Sorte staatlicher Industriepolitik setzte nicht auf spezifische Technologien, sondern machte Vorgaben für die Miniaturisierung mit der gleichzeitigen Ankündigung, gute Preise auch für kleinste Stückzahlen zu zahlen. Die ersten zwei größeren Aufträge Anfang der 1960er-Jahre waren für Steuereinheiten für das Apollo-Weltraumprogramm und für die US-amerikanischen Minuteman-II-Raketen.

Aber die privaten Hersteller in diesem Rüstungsgeschäft wollten wachsen und suchten bald nach Anwendungen jenseits des Militärs. Mit dem Siegeszug zuerst der Taschenrechner und später der PCs sowie der Spielekonsolen für das Gaming begann die Kommodifizierung der Halbleiter, ihre Metamorphose zum Massenprodukt. Jetzt sind sie als Grundbausteine für Maschinen, Anlagen und Verbraucherprodukte aus dem Alltagsleben und aus der Wirtschaft nicht mehr wegzudenken.

Heute ist die Halbleiterbranche eine globale Industrie. Der Jahresumsatz betrug 2021 580 Milliarden US-Dollar.¹ Die Entwicklung der hochkomplexen Halbleiter ist vor allem in den USA und in Ostasien, in Japan, Südkorea und Taiwan, aber inzwischen auch in China konzentriert. Auch in Westeuropa gibt es große Entwicklungskapazitäten. Dagegen findet die Fertigung, also das Aufbringen winzigster Schaltkreise auf die sogenannten Wafer, die pizzaförmigen Siliziumscheiben, vor allem in Ostasien statt – meist bei Auftragsfertigern, den sogenannten Foundries. Die weiteren Produktionsschritte wie das Ausschneiden der winzigen Chipstrukturen aus den Siliziumscheiben, das Testen und das Packaging sind ebenfalls meist in Ostasien konzentriert. Auf Europa entfallen heute unter 10 Prozent der weltweiten Chipfertigung, auf die USA 13 Prozent.²

¹ When the chips are the way down, in: The Economist, 16.7.2022, S. 53.

² Fleming, Sam u.a.: Chipmaking champion?, in: Financial Times, 22.7.2021, S. 15.

Tabelle 1: Entwicklung der Produktionskapazitäten der Chipindustrie nach Ländern bzw. Regionen (in Prozent)³

	1990	2000	2010	2020
USA	37	19	13	12
Europa	44	24	13	9
Japan	19	17	18	15
Südkorea	0	13	15	21
Taiwan	0	22	22	22
China	0	2	11	15
Sonstige	0	3	8	6

Anmerkung: Die Angaben zu 2020 beruhen auf Schätzungen.

Auch die Herstellung von Anlagen und Maschinen für die Chipindustrie und von Software für den Entwurf von Chips ist hochgradig spezialisiert und konzentriert. Nur wenige Firmen in den USA, Japan und Europa beherrschen dieses Geschäft. So liefert der niederländische ASML-Konzern modernste Belichtungsmaschinen zum Stückpreis von 150 Millionen Euro, die mit Zeiss-Optik und Lasern vom Maschinenbauer Trumpf aus Deutschland ausgestattet sind. Diese technischen Wunderwerke können ultrafeine Leiterbahnen von der Größe eines Bruchteils eines Haars auf die Wafer auftragen. Siemens mit seiner 2017 gekauften US-Tochter Mentor Graphics und andere Firmen liefern wiederum die nötige Software für das Chipdesign.

In den letzten 70 Jahren sind die Halbleiter immer kleiner und schneller geworden und verbrauchen immer weniger Energie. Der US-Wissenschaftler und Intel-Mitbegründer Gordon Moore hatte schon in den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts die Faustregel formuliert, nach der sich durch die Miniaturisierung alle 18 bis 24 Monate die Anzahl der Transistoren pro Flächeneinheit auf einem Chip und damit die Rechenleistung verdoppelt. Moores Gesetz – immer kleiner, immer schneller – gilt bis heute. Umgekehrt geht es bei der Fertigung von modernsten Logikprozessoren und Speicherchips – auf diese Halbleiter bezog sich die Erkenntnis von Moore – gleich um gigantische Dimensionen: Der Energie- und Ressourcenaufwand in der Fertigung wird immer größer, je kleiner die Leiterbahnen der Chips werden. Die Branche ist sehr kapital- und ressourcenintensiv, Strom- und Wasserverbrauch sind extrem hoch. Für den Bau einer neuen Halbleiterfabrik werden bis zu 20 Milliarden US-Dollar fällig.⁴ Eine moderne Chipfabrik verbraucht 100 Megawattstunden Strom pro Stunde und 156.000

Tonnen Wasser pro Tag – da können selbst Autofabriken nicht mithalten.

Aber Chips sind nicht gleich Chips. Logikchips oder Mikroprozessoren verarbeiten Daten, sie «rechnen». Grafikprozessoren rechnen ebenfalls, sind aber optimiert auf die Berechnung und Darstellung von Bildern. Speicherchips speichern Daten. Speziell für die Logik- und Speicherchips gilt die dargestellte Entwicklung hin zu immer weiterer Miniaturisierung, die gleichzeitig die Kapitalkosten für die Werke immer mehr in die Höhe treibt. Mikrocontroller wiederum sind eigentlich winzige Computer mit Prozessor, Speicher und Timer auf einem einzigen Chip, meist fest verbaut für bestimmte Anwendungen zum Beispiel in Robotern oder Fernbedienungen. Leistungshalbleiter sind speziell für das Steuern und Schalten hoher elektrischer Ströme und Spannungen ausgelegt (von 1 Ampere und Spannungen von mehr als etwa 24 Volt bis zu mehreren Tausend Ampere und Volt). Sie werden zur Steuerung elektrischer Antriebe in der Verkehrstechnik, in der E-Mobilität und im Maschinenbau eingesetzt. 30 Prozent der Nachfrage nach Chips aller Art entfallen auf PCs, 20 Prozent auf Smartphones, jeweils 10 Prozent auf die Autoindustrie und auf Datenzentren.

Die Halbleiterindustrie ist exemplarisch dafür, dass die Entwicklung modernster Technologien längst nicht mehr kompatibel ist mit dem engen Rahmen des Privateigentums an den Produktionsmitteln, also den Werken und den Chip-Entwicklungszentren mit ihrem Knowhow. Ohne die Umwälzung der riesigen Kapitalkosten auf die Gesellschaft gäbe es die Halbleiterindustrie auf ihrem heutigen Niveau nicht – weder in den USA noch in Ostasien oder in Europa. Der chinesische Staat hat gleich Staatskonzerne gegründet, damit die technologische Aufholjagd im Chipsektor gelingt.

Wegen der enormen Kapitalkosten ist seit Langem Arbeitsteilung angesagt: Die einen designen die Chips – hier sind US-Firmen wie NVIDIA, Qualcomm und die britische Firma ARM dominierend. Aber es gibt auch Großverbraucher von Chips wie Amazon, Apple oder Tesla, die inzwischen auf ihre besonderen Anforderungen zugeschnittene Chips selbst entwickeln. Des Weiteren gibt es spezialisierte reine Halbleiterhersteller, sogenannte Fabs oder Foundries, mit hohem Fertigungs-Knowhow. Dagegen sind integrierte Halbleiterkonzerne wie Samsung oder Intel, die nicht nur Chips entwickeln, sondern auch selbst fertigen, inzwischen die Ausnahme. Früher war bei Mikroprozessoren der US-Konzern Intel technolo-

³ Quelle: Varas, Antonio u.a.: Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing, Boston Consulting Group/ Semiconductor Industry Association, September 2020, S. 7, unter: <https://www.semiconductors.org/resources/government-incentives-and-u-s-competitiveness-in-semiconductor-manufacturing/>.

⁴ How much does it cost to make a semiconductor fab?, in: Compound Semiconductor News, 16.8.2022, unter: <https://www.csfusion.org/semiconductor/how-much-does-it-cost-to-make-a-semiconductor-fab/>.

gisch führend. Der setzte bis in die 2000er-Jahre zusammen mit Microsoft im sogenannten Wintel-Duopol die PC-Standards. Alle ein bis zwei Jahre kam eine neue Chipgeneration mit einem neuen Windows-Betriebssystem auf den Markt. Heute steht Intel unter dem Druck der Investoren, die die Aufspaltung des Konzerns in eine reine Entwicklungsfirma und in einen spezialisierten Auftragsfertiger fordern. Immer weniger Unternehmen können heute noch Chips der neuesten Generation, sprich: mit den feinsten Leiterbahnen produzieren. Aktuell sind Leiterbahnen von 7 Nanometern das Nonplusultra, demnächst werden Chips mit Leiterbahnen von nur 5 Nanometern und künftig sogar von nur 2 Nanometern gefertigt. Vor 20 Jahren gab es weltweit noch 25 Hersteller, die solche Spitzenchips nach dem damaligen Stand der Technik produzieren konnten. Heute verfügen nur noch die Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation (TSMC) und der südkoreanische Samsung-Konzern über das nötige Knowhow für die Produktion der fortschrittlichsten Chips. Und das natürlich nicht im Alleingang, sondern im Zusammenspiel mit hoch spezialisierten Zulieferern entlang globaler Lieferketten. Dagegen ist Intel nur noch ein Schatten seiner selbst und liegt bei der Miniaturisierung gegenüber der Konkurrenz aus Asien um Jahre zurück.

TSMC, einst mit staatlicher Unterstützung und im Umfeld von ITRI, dem taiwanesischen Forschungsinstitut für Industrietechnologie, gegründet, ist heute der weltweit bedeutendste Auftragsfertiger für Chips. Nach diesem Modell lassen Chipfirmen wie Qualcomm (USA) oder ARM in Großbritannien, deren Spezialität die Chipentwicklung ist, die aber keine eigenen Fabriken haben, ihre Chipdesigns von hoch spezialisierten Produktionsfirmen auf Siliziumscheiben, die sogenannten Wafer aufbringen. Die Auftragsfertiger für Halbleiter, die sogenannten Foundries, sind nicht etwa billige Lohnfertiger, sondern setzen in ihren vollautomatisierten Fertigungen oder Fabs modernste Technologien ein. Allein TSMC wird in den nächsten Jahren über 100 Milliarden US-Dollar in die weitere Miniaturisierung der Chipproduktion investieren.⁵ Die meisten Auftragsfertiger kommen aus Taiwan. Ihre Bedeutung für die weltweite Versorgung mit Chips macht die direkt vor dem chinesischen Festland gelegene kleine Insel Taiwan als US-Faustpfand im Kampf gegen China so wichtig.

Mit den neuesten Generationen von Logik- und Speicherchips mit den feinsten Strukturen wird richtig Geld verdient. TSMC macht mit diesen Chips fast die Hälfte seines Umsatzes. Abnehmer sind in erster Linie

Handy-Hersteller und Telekommunikationsunternehmen wie Apple, Samsung, Huawei, Lenovo und Dell. Die werden bevorzugt beliefert, sie zahlen am besten und nehmen zuverlässig große Stückzahlen ab, weil sie bessere Gewinnmargen als andere Branchen haben. Daher waren sie von den Lieferengpässen der letzten Jahre im Zuge der Corona-Pandemie kaum betroffen. Dagegen mussten zum Beispiel Autohersteller eher in die Röhre schauen.

CHINAS AUFHOLJAGD IN DER CHIPINDUSTRIE

China ist in den letzten Jahrzehnten vom Entwicklungsland zur wirtschaftlichen Weltmacht und zur «Fabrik der Welt» aufgestiegen. Für die Produkte, die das Land in die ganze Welt exportiert – von Smartphones über E-Autos bis zu Hochgeschwindigkeitszügen –, hat es einen riesigen Bedarf an Chips. Auf dem chinesischen Festland wird mehr als die Hälfte (!) aller Halbleiter verbaut, die weltweit produziert werden, auf China entfiel 2021 mehr als Hälfte des Weltumsatzes der Halbleiterbranche. Alle großen multinationalen Halbleiterkonzerne sind mit Fertigungen und auch Entwicklungsabteilungen in China vertreten. Ausländische Konzerne kontrollieren immer noch etwa 80 Prozent der Umsätze auf dem chinesischen Halbleitermarkt.⁶

Auch die taiwanesischen Halbleiterkonzerne haben Fertigungsstandorte auf dem chinesischen Festland. Denn dort werden elektrische und elektronische Produkte in riesigen Stückzahlen für den Weltmarkt produziert. Das sichert den Absatz der Halbleiter, denn die Endkunden wollen keine Chips, sondern fertige Geräte. Der Aufstieg des taiwanesischen Auftragsfertigers Hon Hai, besser bekannt unter dem Namen Foxconn, zum Haus- und Hofproduzenten von Apple wäre ohne die riesigen, über ganz China verteilten Werke mit teilweise mehreren Hunderttausend Beschäftigten nicht möglich gewesen. Samsung und SK Hynix aus Südkorea produzieren ebenfalls in China. Bei Samsung entfallen mehr als 40 Prozent der Produktion von NAND-Flash-Speicherchips und bei SK Hynix 45 Prozent aller von dem Unternehmen gefertigten DRAM-Speicherchips auf China. Da heute fast alle PCs in China produziert werden und aus China 80 Prozent aller Smartphones kommen, ist das Land als Absatzmarkt für diese Bausteine extrem wichtig. Intel machte 2021 allein in China über ein Viertel seines Gesamtumsatzes von 79 Milliarden US-Dollar.⁷ Nvidia

5 Nakamura, Yu/Ryugen, Hideaki: What Taiwan risk? Island's chipmakers embark on \$120bn buildup, Nikkei Asia, 14.6.2022, unter: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/What-Taiwan-risk-Island-s-chipmakers-embark-on-120bn-buildup>.

6 Ting-Fang, Cheng/Tabeta, Shunsuke: China's chip industry fights to survive U.S. tech crackdown, Nikkei Asia, 30.11.2022, unter: <https://asia.nikkei.com/Spotlight/The-Big-Story/China-s-chip-industry-fights-to-survive-U.S.-tech-crackdown>.

7 Siehe <https://www.statista.com/statistics/263560/net-revenue-of-intel-by-region-since-2006/#:~:text=In%202022%2C%20Intel%20generated%2017.13,the%20United%20States%20in%202022.>

aus den USA, spezialisiert auf Grafikchips und Chips für Rechenzentren, rechnete nach den US-Sanktionen vom Sommer 2022 mit einem Umsatzeinbruch von mindestens 6 Prozent. Denn China ist auch das Weltzentrum der Elektronikindustrie – von Alltagsartikeln bis zu Cloud-Servern für riesige Rechenzentren. Chinas eigene Halbleiterindustrie kann den riesigen Bedarf an Chips nicht annähernd decken und mit den Marktführern aus den USA und Ostasien auch technologisch noch nicht mithalten. Zwar entfällt auf das Land heute schon fast ein Fünftel der globalen Halbleiterproduktion. Das reicht aber nicht für den eigenen Bedarf. Der ist riesig. China ist hochgradig von Energieimporten abhängig, aber das Land zahlte in den letzten Jahren mehr für Importe von Halbleitern als für den Import der Energieträger Kohle, Öl und Gas zusammen. Chips machen die größte Position in Chinas Importbilanz aus. Der Bilanzposten belief sich 2022 auf mehr als 400 Milliarden US-Dollar.⁸

Hier ist China also besonders verwundbar. Deshalb steht die Förderung der heimischen Chipindustrie seit vielen Jahren ganz oben auf der Agenda der Regierung. Seit die USA zunächst unter Trump und jetzt mit der Biden-Regierung eine systematische Anti-China-Politik verfolgen, hat das besondere Dringlichkeit. Denn nicht zufällig waren Technologiekonzerne wie Huawei sowie Chinas führender Chiphersteller, die Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC), die ersten Opfer der US-Sanktionen gegen China. Sie landeten 2020 auf einer schwarzen Liste der US-Regierung und dürfen nicht mehr mit modernsten Technologien beliefert werden.

Nach Chinas ehrgeizigen Plänen sollte eigentlich schon 2025 der Anteil chinesischer Firmen auf dem Halbleitermarkt bei 70 Prozent liegen. Aber das Land ist noch weit entfernt davon. Von einer angestrebten Selbstversorgung mit Chips kann noch keine Rede sein. 2020 produzierte China gerade einmal 16 Prozent des gesamten Chipverbrauchs im Land. Die ambitionierte Aufholjagd war also bislang nicht erfolgreich, die in diversen Fünfjahresplänen ausgegebenen Zielmarken wurden allesamt gerissen. Aber gleichzeitig sind Chinas Staatsplaner mit einer explosionsartig wachsenden Nachfrage nach Chips konfrontiert, unter anderem für Künstliche Intelligenz, E-Autos und autonomes Fahren. Damit rückte das Ziel, unabhängiger von Chipimporten zu werden, immer wieder in die Ferne.

An mangelnder staatlicher Förderung lag es nicht: Schon 2014 hat China einen mit umgerechnet 24 Milliarden US-Dollar gefüllten National Semiconductor Fund installiert, der 2019 nochmals mit 30 Milliarden US-Dollar aufgefüllt wurde. Chinas Lokalregierungen

haben mindestens weitere 25 Milliarden US-Dollar investiert. 2019 verkündete die Regierung für die Fertigung von modernsten Chips die zehnjährige Befreiung von Unternehmenssteuern. Der Geldregen für Chinas Chipindustrie führte auch zu Fällen privater Bereicherung: Einige Verantwortliche für die staatliche Förderung der chinesischen Chipindustrie stehen wegen Bestechlichkeit unter Anklage.

Aber Geld allein reicht nicht zum Aufbau einer technologisch führenden Halbleiterindustrie. Dafür braucht China Fachkräfte. Die werden auf der ganzen Welt und besonders in Taiwan rekrutiert. So zogen zwischen 2014 und 2019 mehr als 3.000 Halbleiterexperten – 7 Prozent der gesamten Beschäftigten der Branche auf der Insel – von Taiwan auf das chinesische Festland. Zudem rechnet man in der Branche mit mindestens zehn Jahren, bis in einem Land das komplette Ökosystem – vom Chipdesign bis zu den verschiedensten Stufen der Fertigung – aufgebaut ist. Das kostet sehr viel Geld, und dann ist immer noch nicht garantiert, dass die neuen Werke auch Chips der neuesten Generation produzieren können. Das gilt auch für Indiens Pläne, eine eigene Chipindustrie aufzubauen.

SPUTNIK-MOMENT: DIE USA WOLLEN CHINAS ENTWICKLUNG STOPPEN

Während vor der globalen Finanzkrise 2007 bis 2009 viel über «Chimerica», also eine symbiotische, für beide Seiten vorteilhafte Beziehung zwischen den USA und China diskutiert wurde, verfolgt die US-Regierung spätestens seit der Präsidentschaft von Barack Obama das Ziel, den weiteren Aufstieg Chinas ins Zentrum der Weltwirtschaft zu blockieren und die globale Dominanz der USA mit allen Mitteln zu verteidigen. Die Obama-Administration forcierte vor allem die militärische Einkreisung Chinas und versuchte, Freihandels- und Investitionsschutzabkommen mit anderen Ländern unter Ausschluss Chinas abzuschließen. Die Trump-Administration stellte mit Blick auf Taiwan die bisherige Ein-China-Politik infrage und versuchte, durch höhere Zölle auf chinesische Produkte die US-amerikanischen Leistungsbilanzdefizite zu reduzieren. Außerdem ergriff sie eine Reihe von Maßnahmen, um die führenden chinesischen Telekommunikationskonzerne Huawei und ZTE zu schwächen. ZTE hatte bereits zwischen 2016 und 2017 US-amerikanischen Exportkontrollen unterlegen, weil das Unternehmen angeblich US-amerikanische Sanktionen gegen den Iran und Nordkorea unterlaufen hatte. Es hatte sich durch die Zahlung von

⁸ Zhang, Lilian: China's chip imports plunge in 2022 amid zero-Covid supply chain disruption and US trade restrictions for the sector, in: South China Morning Post, 13.1.2023, unter: <https://finance.yahoo.com/news/chinas-chip-imports-plunge-2022-093000165.html>.

100 Millionen US-Dollar an die US-Regierung gleichsam freigekauft. Im August 2018 untersagte Trump den US-Bundesbehörden aus Sicherheitsgründen, Ausrüstung von Huawei und ZTE zu benutzen. Am 1. Dezember 2018 wurde Meng Wanzhou, die Tochter des Unternehmensgründers und stellvertretende Präsidentin von Huawei, auf Veranlassung der US-Behörden in Kanada mit dem Argument, Huawei habe die US-Sanktionen gegenüber dem Iran unterlaufen, festgenommen. Seit dem 15. Mai 2019 darf Huawei nur noch mit Genehmigung der US-Regierung mit bestimmten US-amerikanischen Produkten wie Chips oder Software beliefert werden. Am 15. Mai 2020 wurden die Sanktionen gegen Huawei nochmals verschärft. ZTE schrammte knapp an der Pleite vorbei. Der Huawei-Konzern musste seine Smartphone-Sparte und damit fast die Hälfte seines Geschäfts aufgeben, weil es so schnell keinen Ersatz für die von der US-Firma Qualcomm entwickelten Chips und für das dominierende Android-Smartphone-Betriebssystem von Google gab.

Dagegen waren die Versuche der USA, die Entwicklung der chinesischen Halbleiterindustrie zu behindern, bislang nicht sehr erfolgreich. Denn für viele Unternehmen hatte und hat die Belieferung Chinas als größter Markt Priorität. Ein Indiz dafür sind die Umsätze der Maschinenbauer, die die Chipfabriken ausrüsten. Nach Daten des US-Branchenverbands SEMI waren die Bestellungen aus China für Geräte zur Chipherstellung bei ausländischen Lieferanten im Jahr 2021 um 58 Prozent gegenüber dem Vorjahr gestiegen. China war damit das zweite Jahr in Folge der größte Markt für diese Maschinen.

Auch indirekt hat die US-Sanktionspolitik der letzten Jahre zu einer Blüte der heimischen Chipindustrie geführt. Im Juli 2022 meldeten Technologieanalysten, Chinas führender Chiphersteller SMIC könne schon Chips mit ultrafeinen Leiterbahnen von nur 7 Nanometern herstellen. Die Branche war von dieser Aussage völlig überrascht. Spezialisten hatten einen von SMIC hergestellten Chip auseinandergenommen, der aus einem spezialisierten Rechner für das Mining von Krypto-Währungen ausgebaut worden war.⁹ Das bedeutet zwar noch nicht, dass SMIC große Stückzahlen des 7-Nanometer-Chips in gleichbleibend hoher Qualität produzieren kann. Aber es könnte sich um einen bedeutenden Schritt in Richtung technologischer Unabhängigkeit für China handeln.

Damit hat China einen Durchbruch bei der weiteren Miniaturisierung zu verzeichnen. 7-Nanometer-Chips

zu produzieren war bislang nur TSMC und Samsung gelungen. Der Technologieexperte Dylan Patel bemerkte dazu: «Der chinesische SMIC-Konzern vermarktet als Auftragsfertiger eine Fertigungslinie mit kommerziell verfügbaren Chips, die technisch fortgeschrittener ist als amerikanische oder europäische Firmen.»¹⁰ Bislang war die 12-Nanometer-Technologie des Auftragsfertigers GlobalFoundries die modernste in den USA und Europa eingesetzte Technologie. Im Herbst 2022 wollte Intel mit der Fertigung von 7-Nanometer-Chips starten. Samsung und TSMC produzieren schon seit 2022 Chips mit 3-Nanometer-Technologie. Ab 2025 will TSMC auch Chips mit Leiterbahnen von 2 Nanometern produzieren.¹¹

Das Staatsunternehmen SMIC aus Shanghai, früher einmal von dem ehemaligen Infineon-Chef Ulrich Schumacher geführt, ist der fünftgrößte Chip-Auftragsfertiger weltweit.¹² US-Experten hatten bislang geglaubt, mit der bislang in China verwendeten Lithographietechnik, die mit ultraviolettem Licht Muster auf die Siliziumscheiben projiziert, könnten keine ultrafeinen 7-Nanometer-Chips produziert werden. Der Erfolg von SMIC stellt diese Annahme infrage. Damit spielt SMIC zwar noch nicht in derselben Liga wie TSMC oder Samsung, die modernste EUV-Lithographie-Maschinen von ASML aus Holland nutzen. Diese Maschinen werden schon seit Jahren aufgrund der US-Sanktionen nicht nach China exportiert, weil in den Maschinen auch US-Technologie steckt. Auch beim Maschinenbau setzt China daher auf Eigenentwicklungen für die Halbleiterindustrie. Der Maschinenbauer SMEE kündigte seine erste 28-Nanometer-Belichtungsmaschine noch für 2022 an. Die Anlage kann auch für die Produktion von Chips mit feineren Strukturgrößen von 14 Nanometern genutzt werden. Wie SMIC demonstriert hat, können damit auch 7-Nanometer-Chips produziert werden.

Deshalb hat die US-Regierung im Herbst 2022 gegen Chinas Aufholjagd auf dem Gebiet der Zukunftstechnologien zum großen Schlag ausgeholt. Pünktlich zum 20. Parteitag der Kommunistischen Partei Chinas im Oktober 2022 haben die USA ihre bislang schärfste Waffe im Wirtschaftskrieg gegen China gezogen: Ohne Genehmigung der US-Regierung dürfen modernste Halbleiter mit Strukturgrößen von weniger als 18 Nanometer nicht mehr nach China exportiert werden. Den Unternehmen ist es zudem untersagt, in China am Aufbau der Fertigungen und an der Produktion von ultrafeinen Chips mitzuwirken, sofern in den Lieferketten auch Maschinen, Bauteile und Software

9 SMIC 7nm technology found in MinerVa Bitcoin Miner, TechInsights, o.J., unter: <https://www.techinsights.com/blog/disruptive-technology-7nm-smic-minerva-bitcoin-miner>.

10 Zitiert nach: Hasan, Saad: Why China's big chip breakthrough has rattled the US, TRTWorld, 23.8.2023, unter: <https://www.trtworld.com/magazine/why-china-s-big-chip-breakthrough-has-rattled-the-us-60048>.

11 Wang, Brian: Now China SMIC and Intel are both at 7 nanometer chips, NextBigFuture, 22.7.2023, unter: <https://www.nextbigfuture.com/2022/07/now-china-smic-and-intel-are-both-at-7-nanometer-chips.html>.

12 Siehe <https://de.statista.com/infografik/27897/jahresumsatz-der-fuehrenden-halbleiter-foundries/>.

mit US-Herkunft eingesetzt werden. In der hochgradig international vernetzten Halbleiterindustrie ist es aber nahezu unmöglich, Lieferketten ohne irgendwelche in den USA entwickelten oder mit US-Maschinen oder mit US-Software hergestellten Bestandteile zu finden. Damit wirken die neuen US-Sanktionen praktisch überall auf der Welt, wo modernste Halbleiter entwickelt und produziert werden. Zudem machen sich US-Staatsbürger strafbar, die sich in China an der Entwicklung und Fertigung von Halbleitern mit geringen Strukturgrößen beteiligen.

Die USA fürchten um ihren technologischen Vorsprung. Als im US-Senat der America Competes Act, ein 52-Milliarden-Dollar-Programm zur Förderung der US-Halbleiterindustrie, beraten wurde, verglich Senatorin Maria Cantwell von den Demokraten die Herausforderung durch die Fortschritte chinesischer Technologie mit dem Weltraumflug der Sowjets im Jahr 1957: «Ich glaube, dies ist ein Sputnik-Moment, in dem den Amerikanern klar wird, dass wir bei der Innovation zurückfallen. Wir können es nicht riskieren, noch weiter zurückzufallen.»¹³

Die am 7. Oktober 2022 von einer Unterabteilung des US-Handelsministeriums verhängten «Exportkontrollen begrenzen die Fähigkeit der Volksrepublik China, modernste Computerchips zu bekommen, Supercomputer zu entwickeln und zu warten oder selbst modernste Halbleiter zu produzieren. Die Volksrepublik China nutzt diese Produkte und Fähigkeiten, um moderne Militärsysteme, einschließlich Massenvernichtungswaffen, zu produzieren, um die Geschwindigkeit und Genauigkeit der militärischen Entscheidungen, Planung und Logistik und seiner autonomen Militärsysteme zu verbessern und um Menschenrechtsverletzungen zu begehen [...] Wir tun alles in unserer Macht Stehende, um unsere nationale Sicherheit zu schützen und um zu verhindern, dass sensitive Technologien mit militärischen Anwendungen vom chinesischen Militär, von Geheimdiensten und Sicherheitsbehörden beschafft werden [...] Die Volksrepublik China hat massive Ressourcen in die Entwicklung von Supercomputern gepumpt und will bis 2030 führend sein in Künstlicher Intelligenz.»¹⁴

Nach dieser Entscheidung der US-Regierung unterliegen modernste Halbleiter einer Commerce Control List (CCL). Der Export von Bauteilen für Supercomputer oder für die Halbleiterentwicklung und die Halbleiterproduktion nach China braucht spezielle Genehmigungen. Nach dem von der Supermacht USA etablierten

Extraterritorialprinzip der US-Gesetzgebung beziehen sich die US-Exportkontrollen auch auf modernste Chips sowie auf Maschinen und Software zur Entwicklung und Produktion von Halbleitern aus anderen Ländern, sofern darin auch US-Wertschöpfung steckt. Entsprechende Lieferungen an chinesische Halbleiterunternehmen sind grundsätzlich untersagt. Über Lieferungen an die zahlreichen Niederlassungen und Fertigungen westlicher Multis in China soll von Fall zu Fall entschieden werden. Die relevanten Größen sind: Logikchips mit Strukturgrößen von 16 oder 14 Nanometern und darunter, DRAM-Speicherchips von 18 Nanometern und darunter sowie Flash-Speicherchips mit 128 Schichten und mehr.

Gegenüber China als strategischem Wettbewerber einen Vorsprung zu haben reiche nicht mehr, erklärten Vertreter*innen der US-Regierung. Von jetzt an müssten die USA einen größtmöglichen technologischen Vorsprung haben. Laut Gregory Allen, einem früheren Spezialisten des Pentagon für Künstliche Intelligenz, ist aus Sicht der US-Regierung die Beherrschung und Kontrolle der High-End-Chipfabrikation elementar für die Sicherheit der USA. Gegenwärtig gehe es der US-Regierung darum, Chinas technologische Fortschritte zu verlangsamen. Aber es sei ein «unausgesprochenes Ziel, dass wir in der Lage sind, Chinas Wirtschaft ggf. zu einem späteren Zeitpunkt zu zerstören».¹⁵

Die neuen US-Restriktionen zielen auch auf hochspezialisierte Chips für die Künstliche Intelligenz und speziell das sogenannte Maschinenlernen, zudem auf Chips für Technologien für das autonome Fahren und für die Datenzentren der Cloud-Anbieter.¹⁶ Die offizielle Begründung der Sanktionen gegen China ist die gleiche wie bisher: Es geht immer um die nationale Sicherheit der USA. Der Sprecher der chinesischen Botschaft in Washington D.C. erklärte dagegen, die USA wollten damit China und die anderen aufstrebenden Länder für immer an das untere Ende der Wertschöpfungsketten verbannen. Biden geht taktisch geschickter vor als Trump, indem er Bündnisse sucht – vor allem in Ostasien. Denn das zentrale Problem der USA ist die überwältigende Dominanz von Ostasien bei der Chipfertigung. 2021 entfielen über 70 Prozent der globalen Halbleiterproduktion auf Ostasien. Dagegen haben die USA innerhalb der globalen Technologielieferketten zunehmend an Bedeutung verloren.

Die Angst vor China steht auch hinter einem anderen, im Sommer 2022 von US-Präsident Joe Biden unter-

13 Zitiert nach: U.S. Senate Committee on Commerce, Science and Transportation: Conference committee meets to kick off negotiations, 13.5.2022, unter: <https://www.commerce.senate.gov/2022/5/conference-committee-meets-to-kick-off-negotiations>.

14 Bureau of Industry and Security: Commerce implements new export controls on advanced computing and semiconductor manufacturing items to the People's Republic of China, 7.10.2022, unter: https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/about-bis/newsroom/press-releases/3158-2022-10-07-bis-press-release-advanced-computing-and-semiconductor-manufacturing-controls-final/file&ved=2ahUKEwiLo_KFjuz6AhX8YPEdHYnxB0AQFnoECBAQAQ&usq=AOvVaw2hrSnzSQQ50NF8MIpaclgN.

15 China and America are barely speaking, though crises loom, in: The Economist, 29.10.2022, S. 58.

16 Caixin, 7.9.2022.

zeichneten neuen Gesetz, dem Chip and Science Act. Mit dem Gesetz sollen die USA wieder ein Weltzentrum der Chipherstellung werden. Mit insgesamt etwa 280 Milliarden US-Dollar sollen Unternehmen subventioniert werden, wenn sie in den USA modernste Chipfabriken bauen. Auch dieses Gesetz ist direkt gegen China gerichtet. Denn Unternehmen, die US-Subventionen erhalten, dürfen zehn Jahre lang keine «bedeutenden Transaktionen» mehr mit China oder anderen Ländern, die «für die USA von Belang sind», tätigen und dort nicht in fortschrittliche Chips investieren.

Gelockt von den Subventionen und aus geopolitischer Opportunität baut jetzt auch der taiwanische Auftragsfertiger TSMC, der weltgrößte und technologisch führende Produzent von Halbleitern, eine Fertigung in den USA auf. Biden persönlich kam im Dezember 2022 zur Grundsteinlegung in Arizona. Der künftige Hauptkunde der neuen TSMC-Fertigung wird Apple sein. Für TSMC ist das Investment, das ohnehin zum größten Teil von den US-Steuerzahler*innen finanziert wird, auch eine Art Rückversicherung. Aber die wichtigsten und modernsten Werke von TSMC bleiben auf der Insel Taiwan. Dort wird gerade ein neues Werk mit der vierfachen Kapazität und noch besserer Technologie als in den USA gebaut.¹⁷

Das Festhalten der taiwanesischen Technologiekonzerne am Standort Taiwan hat neben geopolitischen Erwägungen – die Bedeutung des Technologiestandorts ist ein starkes Argument gegen eine angeblich drohende chinesische Invasion – auch damit zu tun, dass es in den USA viel weniger der benötigten Fachkräfte gibt als in Ostasien. So frozelte der Gründer und frühere Chef von TSMC, Morris Chang, die Chipfertigung wieder zurück in die USA zu holen sei wegen der Kosten und fehlender Engineering-Expertise in den USA «eine nutzlose Übung».¹⁸ Bei den weltweiten PISA-Vergleichstests im Jahr 2018 zum Beispiel lagen 15-jährige Schüler*innen aus den USA im Fach Mathematik um vier Jahre hinter gleichaltrigen chinesischen Schüler*innen zurück und um drei Jahre bei den Naturwissenschaften. Von den Forscher*innen in den USA auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz stammt ein Viertel aus China.

DIE USA GEHEN IM CHIPKRIEG AUFS GANZE. GEHT DER PROTEKTIONISMUS NACH HINTEN LOS?

Im Kampf gegen Chinas Aufholjagd in der Halbleitertechnologie brauchen die USA Verbündete. Denn die Halbleiterbranche ist schon lange nicht mehr in den

USA, sondern vor allem in Ostasien konzentriert. Deshalb steht nach Aussagen von US-Außenpolitiker*innen erstmals seit vielen Jahren das Thema Chips ganz oben auf der Agenda der US-Außenpolitik. Die USA wollen eine strategische Allianz mit ihren Verbündeten Japan, Taiwan und Südkorea, neben China die wichtigsten Chipproduzenten der Welt. In Analogie zur OPEC sprechen US-Vertreter*innen schon von einer OSEC, einer Organisation der Halbleiterexporteure. Zudem wollen die USA in einer Allianz mit Japan und den Niederlanden, wo neben den USA die hoch spezialisierten Maschinenbauer für die Chipindustrie sitzen, China von den modernsten Maschinen für die Chipfertigung abschneiden.

Südkorea soll sich entscheiden zwischen einer neuen US-geführten Chiplieferkette oder den gewachsenen Verflechtungen mit China, das aktuell der bedeutendere Handelspartner für das Land ist. Aber es zögert noch. Zudem ist Südkorea inzwischen selbst vom US-Protektionismus betroffen: Weil die koreanischen Autokonzerne Hyundai und Kia in ihren Modellen mit Elektroantrieb bislang in Korea gefertigte Batterien einsetzen, sind sie von den massiven US-Förderungen für die Elektromobilität praktisch ausgeschlossen. Aber beide Konzerne haben auch Fertigungen in den USA.

Vor dem Dilemma Südkoreas stehen auch der niederländische Maschinenbauer ASML, die niederländische Regierung und damit auch die EU. Die hierzulande weitgehend unbekannt Firma ASML baut unter anderem mit dem Einsatz von Zeiss-Optik ultrafeinste Belichtungsmaschinen für die in der Chipfertigung benötigten Wafer. ASML ist hier Weltmarktführer und hat in den vergangenen Jahren die japanischen Konkurrenten Nikon und Canon deutlich auf die Plätze verwiesen. Auch chinesische Chipproduzenten haben ihre Anlagen in den Niederlanden bestellt. Da in den ASML-Maschinen der neuesten Generation auch in den USA entwickelte Technik zum Einsatz kommt, sehen sich die USA berechtigt, gegen die Exporte vorzugehen. Die USA verlangen zudem, dass ASML künftig auch keine Scanner älterer Generationen mehr nach China liefert.

Nach Medienberichten hat sich ASML Anfang 2023 dem Druck aus den USA gebeugt. Die niederländische Regierung wird in einem Gesetz den Export modernster ASML-Maschinen nach China sanktionieren. Für die spezialisierten japanischen Maschinenbauer gibt es ebenfalls eine Einigung zwischen den USA und der japanischen Regierung. Im Gegenzug gibt es vielleicht eine Bevorzugung der betroffenen Firmen bei den Initiativen zur Chipfertigung in den USA und Europa. Aber da inzwischen etwa

17 Speak softly, and carry a big chip, in: The Economist, 21.1.2023, S. 58.

18 When the chips are way down, in: The Economist, 16.7.2022, S. 55.

50 Prozent der weltweit produzierten Chips in China verbraucht werden, ist das Land ein wichtiger Kunde. Ein Verzicht auf diesen Markt könnte für ASML und andere Maschinenbauer spätestens dann schmerzlich werden, wenn das Wachstum in den westlichen Industrieländern ins Stocken gerät. Die von den USA gewünschte, aber durch keinerlei feindselige Aktionen Chinas begründete Entscheidung der Niederlande, sich am US-Chipkrieg gegen China zu beteiligen, wird nicht ohne Folgen für das Land, aber auch für die EU bleiben. Das kündigte Chinas EU-Botschafter Fu Cong in einem Interview an.¹⁹

Jon Bateman, Technologiespezialist bei der Carnegie-Stiftung in Washington D.C., kritisiert in der Zeitschrift *Foreign Policy*, dass US-Präsident Biden eine schnelle Abkopplung von China um jeden Preis wolle.²⁰ Seine Bewertung der Ergebnisse der gegen China verhängten neuen Sanktionen fällt extrem negativ aus: Schon seit mindestens vier Jahren würden die USA gegen China einen begrenzten Wirtschaftskrieg führen. Obwohl die aktuellen Maßnahmen mit dem Schutz der nationalen Sicherheit begründet würden, werde Chinas Wirtschaft in einem Ausmaß getroffen, das weit über die von Washington angeführten militärischen und geheimdienstlichen Besorgnisse hinausgehe. Die US-Regierung habe die neuen Sanktionen nach nur begrenzten Konsultationen mit den Partnern und Unternehmen verhängt. Deren Besorgnis über die diplomatischen und wirtschaftlichen Auswirkungen würde nicht berücksichtigt. Amerikas «Restriktionisten» – Nullsummendenkler, die unbedingt die technologische Abkopplung beschleunigen wollten – hätten die Strategiedebatte in der Biden-Administration gewonnen. Chinas technologischer Aufstieg solle um jeden Preis gestoppt werden. Die neuen Sanktionen demonstrierten den Maximalismus der US-Kampagne gegen chinesische Technologie. Sie würden die Debatten in den Hauptstädten der Verbündeten darüber zuspitzen, ob sich die Ziele der USA mit den eigenen politischen und wirtschaftlichen Interessen decken. Das einseitige Muskelspiel mit den neuen Exportkontrollen lasse an der Bereitschaft der USA zweifeln, unterschiedliche Interessen zu akzeptieren.

Die Politik der USA werde Xi Jinping dabei helfen, das Narrativ, der Hegemon USA wolle die weitere Entwicklung Chinas verhindern, zu verbreiten. Viele Länder seien für diese Argumentation empfänglich, wie die lauwarmer Antwort des Globalen Südens auf die von den USA angeführten Sanktionen gegen Russland gezeigt habe. China könne die neuen Exportkon-

trollen auch als einen Versuch darstellen, Fortschritte bei der Lösung gemeinsamer globaler Herausforderungen zu verhindern. Es könne darauf hinweisen, dass chinesische Forscher*innen Supercomputer brauchen, etwa für die Entwicklung von Impfstoffen und für die Klimaforschung. Ein weiterer Kritikpunkt lautet: Weder Biden noch ein anderer führender US-Politiker habe jemals ernsthaft versucht, die eigene Bevölkerung über die Kosten und Risiken der Abkopplung aufzuklären. In den öffentlichen Diskussionen und unter den politischen Kräften dominierten die «Restriktionisten». Die Republikaner hätten das «China-Bashing» zu ihrem Markenzeichen gemacht. Aber auch nur wenige Demokraten seien daran interessiert, die Prämissen der verfolgten Politik zu hinterfragen oder auf mögliche Nebenwirkungen hinzuweisen. Viele Manager würden anders denken, aber sie hätten an Einfluss verloren. Zudem habe die von den USA angeführte technologische Abkopplung von China innerhalb weniger Jahre die internationalen Beziehungen umgepolt, die globale Wirtschaftsordnung erschüttert und die Technologiepolitik in vielen Ländern transformiert. In diesem Spiel mit hohem Einsatz seien die USA zugleich Spieler und Kartengeber, der seine eigenen Züge macht und die Spielzüge der anderen begrenzt. Es sei allerdings fraglich, so Bateman, ob die von den USA forcierte Entkopplung in dieser globalisierten Industrie überhaupt möglich ist.

Bemerkenswert ist dabei, dass sich die Rollen, die die beiden Weltmächte in dem aktuellen Kampf um die wirtschaftliche Vorherrschaft über Zukunftstechnologien einnehmen, vertauscht haben: China pocht auf Offenheit, freien Welthandel und friedlichen Wettbewerb der Systeme, während der Westen unter Führung der USA zunehmend populistisch, nationalistisch und protektionistisch agiert. Cai Fang, Senior Fellow und Vizepräsident der Chinesischen Akademie der Sozialwissenschaften (CASS), äußerte sich dazu folgendermaßen: «China sollte seine wirtschaftliche Größe und potenzielle Verbraucherstärke innerhalb der Weltwirtschaft nutzen und die Initiative ergreifen, um eine treibende Kraft einer neuen Runde der Globalisierung zu werden.»²¹

Durch die neuen US-Sanktionen steht die global hoch integrierte Halbleiterindustrie an einem Scheideweg mit dem möglichen Szenario, dass es künftig statt der globalen Lieferketten zwei konkurrierende Lieferketten geben wird, eine «blaue», von den USA kontrollierte, und eine von China angeführte «rote» Lieferkette. Nach Berechnungen der Boston Consulting Group (BCG) und der Semiconductor Industry

19 China's envoy warns EU of 'peril' from following US on trade curbs, in: Financial Times, 31.3.2023, unter: <https://www.ft.com/content/2d7f355a-4f43-4e12-bd0b-0cac5a99aeac>.

20 Bateman, Jon: Biden Is Now All-In on Taking Out China, in: Foreign Policy, 12.10.2022, unter: <https://foreignpolicy.com/2022/10/12/biden-china-semiconductor-chips-exports-decouple/>.

21 Zitiert nach Daum, Timo: Handelskrieg: Kampf um jeden Nanometer, in: Telepolis, 15.9.2022, unter: <https://heise.de/-7264758>.

Association (SIA) würden durch die Aufspaltung der globalen Chipindustrie in zwei konkurrierende Lieferketten die Kosten für Halbleiter zwischen 35 und 65 Prozent steigen.²² Die US-Halbleiterindustrie beklagt zudem, dass die USA bei einer Aufspaltung der Lieferketten in fünf bis zehn Jahren ihren technologischen Vorsprung endgültig verlieren würden. Ohne Profite aus dem China-Geschäft könnten die US-Halbleiterhersteller ihre künftigen Entwicklungen nicht finanzieren. Für China würde das einen zeitweiligen Rückschlag bedeuten, während die USA ihren Vorsprung dauerhaft verlieren würden. Das weitere Problem der US-Strategie: Das Hauptgeschäft wird nicht mit modernsten Chips mit ultrafeinen Strukturen gemacht. 2019 hatten Halbleiter mit Strukturen von unter 10 Nanometern nur einen Marktanteil von zwei Prozent.²³ Der Anteil ist heute zwar höher, aber der Großteil des Geschäfts wird immer noch mit Halbleitern gemacht, für die China längst schon selbst die entsprechenden Technologien hat oder gerade dabei ist, den Abstand aufzuholen. Der Studie von BCG und SIA zufolge wäre es smarter für den Westen, nur Militärtechnologien zu sanktionieren.

Manager der Halbleiterindustrie in den USA beklagen zudem, die neuen Sanktionen der USA würden nur Pekings Entschlossenheit steigern, die modernsten Chips selbst zu entwickeln. Dagegen erklärte der Nationale Sicherheitsberater Jake Sullivan, der bisherige marktwirtschaftliche Ansatz, der Konkurrenz immer ein paar Generationen voraus zu sein, also immer besser zu sein als die Konkurrenz, funktioniere nicht mehr und sei gescheitert. «Angesichts der fundamentalen Natur mancher Technologien etwa bei Logik- und Speicherchips brauchen wir einen größtmöglichen Vorsprung.»²⁴ «Wir wollen Chinas Chip-Design-Industrie ganz aus dem Geschäft drängen», erklärte ein früherer Beamter des Pentagon.²⁵

CHIPINDUSTRIE: DIE EU IN DER ZWEITEN LIGA. AUFHOLJAGD MÖGLICH?

Der offenkundige Chipmangel der letzten Jahre und die sogenannten Megatrends wie die Digitalisierung, Energiewende, E-Antriebe und autonomes Fahren

haben einen weltweiten Investitionsboom im Halbleitersektor ausgelöst. Die drohende Gefahr, dass es durch die massiven US-Sanktionen gegen Chinas Chipambitionen künftig sogar zwei Halbleiterlieferketten geben wird – eine um China und eine um die USA zentrierte –, hat diesen Investitionsboom noch verstärkt. Moderne Halbleiterfertigung ist wahrscheinlich der komplexeste industrielle Prozess auf dem Planeten. Entsprechend attraktiv ist es für Regierungen, entsprechende Werke im Land zu haben. Glänzende Zeiten also für die Maschinenbauer. Der Vorstandschef von ASML, des holländischen Produzenten von Belichtungsmaschinen für die Chipfabriken, erklärte 2021: «Nach unserer Prognose werden sich die Umsätze in der Halbleiterindustrie in der kommenden Dekade lässig verdoppeln, sodass wir von einem Billionen-Dollar-Geschäft sprechen. Es wäre töricht, dieses Geschäft nur an drei Plätzen auf der Erde zu konzentrieren – nämlich in Taiwan, Korea und China.» Die USA und die EU seien jetzt wachgeworden angesichts des «vernachlässigten Zustands» ihrer Halbleiterindustrie.²⁶

Auch das Schwellenland Indien, demnächst wahrscheinlich das bevölkerungsreichste Land der Erde, will dabei nicht zurückstehen und hat umgerechnet 10 Milliarden US-Dollar für den Aufbau einer eigenen Chipfertigung ausgelobt. Es gibt allerdings Stimmen, die den Sinn einer Konzentration auf die Halbleiterfertigung bezweifeln. Investitionen in die Ausbildung von Chipentwicklern seien sinnvoller. Anstatt wenige Tausend Arbeitsplätze in hochmodernen Fabs zu schaffen, könnten mit dem Geld Zehntausende Ingenieure ausgebildet werden.²⁷ Denn die Ansiedlung der kompletten Wertschöpfungsketten der Halbleiterfertigung sowohl in einem so großen Land wie Indien als auch auf einem so kleinen Kontinent wie Europa und damit der Versuch, den Erfolg Ostasiens im Chipsektor quasi zu wiederholen, wären immens teuer und wahrscheinlich auch unmöglich. Die hochmodernen Chipwerke sind lediglich ein Teil der Wertschöpfungskette, wenn auch der, der gerade die meiste Aufmerksamkeit erhält. Vielmehr geht es darum, eine attraktive Nische im komplexen Ökosystem der Halbleiterindustrie zu finden. Das gilt auch für Europa.

22 Varas, Antonio u.a.: Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era, Boston Consulting Group, 1.4.2021, unter: <https://www.bcg.com/publications/2021/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain>.

23 Ebd., S. 18.

24 Swanson, Ana: Biden Administration Clamps Down on China's Access to Chip Technology, in: New York Times, 7.10.2022, unter: <https://www.nytimes.com/2022/10/07/business/economy/biden-chip-technology.html>.

25 America curbs Chinese access to advanced computing, in: The Economist, 13.10.2022, S. 48, unter: <https://www.economist.com/business/2022/10/13/america-curbs-chinese-access-to-advanced-computing>.

26 Fleming u.a.: Chipmaking champion?, S. 15.

27 Hiltcher, Johannes: Indien investiert 10 Mrd. US-Dollar in Chip-Fabs, 12.5.2022, unter: <https://www.golem.de/news/halbleiterfertigung-indien-investiert-10-mrd-us-dollar-in-chip-fabs-2205-165267.html>.

Tabelle 2: Verteilung der Wertschöpfung in der Produktionskette der Halbleiterindustrie nach Ländern bzw. Regionen, 2021²⁸

	USA	Europa	Japan	Südkorea	Taiwan	China	Sonstige
EDA, Core IP ²⁹	72	20	2	2	2	3	0
Design	49	8	9	20	6	5	3
Maschinen und Anlagen	42	21	27	3	1	1	5
Materialien	10	6	14	17	23	19	12
Wafer- und Chipproduktion	11	9	16	17	19	21	7
Packaging, Montage und Tests	5	4	6	9	19	38	19
Total	35	10	13	16	10	11	5

Europa hat einen globalen Marktanteil bei der Chipfertigung von weit weniger als 10 Prozent und hat kaum Fertigungen für Chips mit einer Strukturgröße von weniger als 22 Nanometern. Eine Ausnahme ist das Intel-Werk in Irland mit Strukturen von 14 Nanometern. Künftig sollen dort auch Chips mit 7-Nanometer-Strukturen gefertigt werden. Unter den zehn größten Halbleiterproduzenten der Welt ist kein einziger aus Europa. Aber nach dem Willen der EU-Kommission soll Europa künftig einer der weltgrößten Chipproduzenten werden. Der Anteil an der weltweiten Halbleiterproduktion soll sich bis 2030 mehr als verdoppeln: auf 20 Prozent. Dafür müsste sich die Fertigungskapazität in Europa sogar vervierfachen, weil sich auch die globale Produktion von Chips bis 2030 voraussichtlich verdoppeln wird.³⁰ Die Produktionsausfälle in der europäischen Industrie der vergangenen Jahre aufgrund fehlender Chips aus Ostasien, weil Lieferketten gestört waren und/oder die Halbleiterwerke wegen Corona-Lockdowns weniger produzieren konnten, haben zur Entscheidung der EU-Kommission beigetragen, die Halbleiterfertigung in Europa jetzt massiv zu fördern.

Nach Jahrzehnten der neoliberalen Laissez-faire-Wirtschaftspolitik nach dem Motto «Der Markt wird's schon richten» und der Abwanderung ganzer Industriezweige nach Ostasien (z.B. Pharma, Computer, Kameras, Halbleiter) ist in der EU plötzlich Industriepolitik angesagt. Mit ihrer Chipoffensive will die EU in der geopolitischen Konkurrenz den Rückstand Europas gegenüber anderen Weltregionen aufholen und Abhängigkeiten von einzelnen asiatischen Lieferanten wie dem Auftragsfertiger TSMC reduzieren. Dafür sollen allein 43 Milliarden Euro an staatlichen

und privaten Mitteln mobilisiert werden. Zwei Drittel der EU-Mittel sollen für Megafabs, modernste Chipfabriken für ultrafeine Strukturen mit Kosten zwischen 10 und 20 Milliarden Euro, ausgegeben werden. Nur Intel, TSMC und Samsung können diese Werke bauen und betreiben. Intel wird in Magdeburg nur dann eine neue Fertigung bauen, wenn die EU 40 Prozent der Kosten übernimmt.³¹ Denn laut Intel beträgt der Kostennachteil gegenüber Standorten in Asien 30 bis 40 Prozent. Dafür will Brüssel die Beihilferegeln freizügiger auslegen. Der Rest der EU-Mittel ist für andere Werke zur Chipfabrikation vorgesehen. Vertreter der EU argumentieren, die europäischen Hersteller hätten jahrelang zu wenig investiert. Es sei ein geostrategischer Imperativ, die globale Chiplieferkette neu zu justieren. Künftig werde es zudem einen Riesenmarkt für 2-Nanometer-Chips unter anderem für selbstfahrende Autos geben. Man müsse die Fabs und die neuen Werke jetzt bauen.

Die EU-Kommission habe zwar grundsätzlich das richtige Ziel vorgegeben, sagen die Industrieverbände. Sie soll aber vor allem die Fördermittel schnell freigeben sowie Planungs- und Genehmigungsprozesse beschleunigen, so der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) und seine französischen Partner. «Es braucht dringend eine gemeinsame europäische Kraftanstrengung, um die Halbleiterindustrie am Standort Europa zu stärken», forderte der Präsident des BDI. «Durch den akuten Chipmangel hat die deutsche Wirtschaft im vergangenen Jahr einen Umsatzverlust von 1,6 Prozent des deutschen Bruttoinlandsprodukts verkraften müssen.» Das würde mehr als 50 Milliarden Euro entsprechen. Besserung sei nicht in Sicht: «Mit der digitalen und ökologischen

28 Mögliche Abweichungen zur Gesamtsumme (100%) resultieren aus Rundungsdifferenzen. Quelle: Semiconductor Industry Association: 2022 State of the U.S. Semiconductor Industry, S. 21, unter: <https://www.semi.org/sites/semi.org/files/2022-03/SEMI%20Fab%20Database%20DATASHEET.pdf>.

29 EDA steht für Electronic Design Automation und bezeichnet hier die Software für den Entwurf der integrierten Schaltkreise. Core IP bezeichnet hier vorgefertigte Schaltungsentwürfe und Baupläne, die beim Design unterschiedlicher Chips eingesetzt werden können.

30 Fleming u.a.: Chipmaking champion?, S. 15.

31 Vgl. Bingener, Reinhard u.a.: Magdeburg steht vor einer Mega-Investition, in Frankfurter Allgemeine Zeitung, 24.2.2022, unter: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/intel-ansiedlung-magdeburg-steht-vor-einer-mega-investition-17831405.html>; Chou, Sandy: EU Chips Act to Boost EU Security and Semiconductor Manufacturing, in: iGlobe News, 8.2.2023, unter: <https://www.iglobenews.org/eu-chips-act-to-boost-eu-security-and-semiconductor-manufacturing/>.

Transformation wird der weltweite Bedarf an Halbleitern weiter massiv steigen.»³²

Aber nicht alle Experten aus der Halbleiterindustrie sind von Europas Ambitionen und Plänen überzeugt. Sie stellen speziell das Ziel infrage, auch in Europa Chips mit 2-Nanometer-Strukturen zu produzieren. Die EU-Kommission habe nichts gelernt vom Scheitern ihrer Initiative von 2013. Schon damals habe sie den Marktanteil der EU in der Chipproduktion steigern wollen. Europas Hersteller speziell in der Autoindustrie und im Maschinenbau bräuchten nicht so viele High-End-Chips, warnte ein Vertreter des Auftragsfertigers GlobalFoundries aus Dresden. «90 % von Europas Chipbedarf bis zum Ende der Dekade liegt bei Strukturgrößen über 10nm [...] Der ausschließliche Fokus auf Nanometer ist eine fundamentale Schwäche der Strategie der EU-Kommission.»³³ Hinzu kommt: Die globale Elektronikindustrie, zum Beispiel die Smartphone- oder die PC-Fertigung, ist der wichtigste Abnehmer für Chips mit ultrafeinen Strukturen. Diese Industrie ist aber in Ostasien konzentriert.

Außerdem wird der Fokus auf die Chipfertigung als falsch kritisiert.³⁴ Chipdesign ist der Produktionsteil mit der höchsten Wertschöpfung. Hauptsächlich US-amerikanische und taiwanische Firmen entwickeln und produzieren Chipsets für Künstliche Intelligenz, Quanten-Computing oder autonomes Fahren. Es gebe in Europa kein System-on-a-chip für Smartphones, keinen Grafikprozessor oder keine speziellen Prozessoren für Datenzentren und keinen Prozessor (GPU) für verschiedenste Anwendungen. «Bevor wir uns fragen, wo sie produziert werden, sollten wir fragen, wer sie entwickelt. Definitiv nicht Europa! Warum Milliarden für Kontraktfertigung ausgeben, der Bereich mit den höchsten Eintrittsbarrieren, den höchsten Subsidien und der geringsten Erfolgswahrscheinlichkeit?»³⁵

Der ZVEI als Verband der Elektro- und Elektronikindustrie warnt ebenfalls, dass der Chips Act am Bedarf der europäischen Kunden vorbeigeht. «Europa muss seine Kompetenz in allen Strukturgrößen stärken», sagt der Geschäftsführer, «so sind auch Leistungselektronik und Sensorik entscheidend für das Gelingen der grünen und digitalen Transformation».³⁶ Auf diesen Feldern sind die europäischen Chipfirmen führend. Konzerne wie Bosch, Infineon, NXP und STMicroelectronics produzieren dabei zwar moderne

Chips, aber nicht solche mit den teuersten und aufwendigsten Verfahren, wie es Intel plant. Europas Marktführer liefern stattdessen Chips für die Automobilindustrie, die Luftfahrtindustrie, den Maschinenbau und die Industrieautomatisierung. Auch diese Fabriken müssten gefördert werden. Das erklärten auch die Wirtschaftsminister von Bayern und Baden-Württemberg: «Wir dürfen uns nicht nur auf Höchstleistungs-chips mit kleinsten Strukturgrößen fokussieren.»³⁷

Was will die EU mit den Investitionen wirklich erreichen? Wettbewerbsfähigkeit oder Resilienz der Lieferketten oder technologische Souveränität und nationale Sicherheit? Dahinter steht die Frage, wo sich die EU als Staatenbund im komplexen Ökosystem der Halbleiterfertigung positioniert und wo die wichtigsten Absatzmärkte für Chips aus Europa liegen. Welche Fertigungsschritte sind so wichtig, dass sie unbedingt in Europa stattfinden sollten? Denn auch mit den geplanten Milliarden-subsidien kann Europa nicht unabhängig werden. Nach der Fertigung werden die Waferscheiben auch in Zukunft zum sogenannten Packaging – dem Ausschneiden der winzigen Chips aus den Wafern, ihrer Ummantelung, inklusive der Anschlüsse – und zum anschließenden Testen meist nach Südostasien transportiert werden. Diese Fertigungsschritte sind wegen der niedrigen Lohnkosten dort konzentriert, trotz eines geplanten Werks in Italien.

Außerdem ist absehbar, dass die Komplexität der Halbleiterbranche weiter zunehmen wird. Das verschlechtert aber gleichzeitig die Aussicht, als Land oder Region unabhängig vom Rest der Welt zu werden. Ohne Zusammenarbeit hätte die Halbleiterbranche nicht ihren heutigen Stand erreicht. Nur mit internationaler Kooperation wird sie sich weiterentwickeln. Die global extrem verflochtene Halbleiterindustrie mit dem Weltzentrum der Fertigung in Ostasien steht derzeit im Mittelpunkt des geopolitischen Konflikts zwischen den USA und China. Alle Versuche, durch eine komplette Abkopplung von China und durch den gleichzeitigen Aufbau neuer Cluster für die Chipfertigung in anderen Weltregionen letztlich unabhängig von China und Ostasien zu werden, sind extrem teuer und werden viele Jahre in Anspruch nehmen. Nach Berechnungen würden dadurch die Preise für Halbleiter zwischen 35 und 65 Prozent steigen.³⁸

32 Hofer, Joachim: Massenhaft Mikrochips aus heimischer Produktion. Warum der Plan in Gefahr gerät, in: Handelsblatt, 27.5.2022, unter: <https://www.handelsblatt.com/finanzen/chipmangel-massenhaft-mikrochips-aus-heimischer-produktion-warum-der-plan-in-gefahr-geraet/28371570.html>.

33 Fleming u.a.: Chipmaking champion?, S. 15.

34 Jan-Peter Kleinhans (Stiftung Neue Verantwortung), zitiert nach: Financial Times, 22.7.2022.

35 Ebd.

36 EU Chips Act ist zukunftsweisend, muss aber technologisch breiter aufgestellt werden, Presseerklärung von ZVEI, 8.2.2022, unter: <https://www.zvei.org/presse-medien/pressebereich/zvei-eu-chips-act-ist-zukunftsweisend-muss-aber-technologisch-breiter-aufgestellt-werden>.

37 Zitiert nach: Hofer, Joachim: Intel kommt – und nun?, in: Handelsblatt, 28.3.22, unter: <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/lieferengpaesse-intel-kommt-und-nun-europas-aufholjagd-bei-den-chips-faengt-gerade-erst-an/28199982.html>.

38 When the chips are way down, in: The Economist, 16.7.2022, S. 54.

Es kommt hinzu: Der akute Chipmangel der letzten Jahre schien den bis etwa 2010 geltenden sogenannten Schweinezyklus der Branche – Jahre mit hoher Nachfrage und hohen Preisen, darauf Investitionen in neue Fabs, schließlich riesige Überkapazitäten und Preisverfall – außer Kraft gesetzt zu haben. Aber die Krisenzeichen mehren sich. Bei Chips für die Autoindustrie gibt es schon große Lagerbestände, weil die Kunden zu ihrer Absicherung in den letzten Jahren mehrfach geordert hatten. Nach einer Untersuchung von Morgan Stanley neigen 55 Prozent der Chipkäufer, also der Kunden aus der Industrie, zu Doppelbestellungen.³⁹ Zudem wurden 2020 und 2021 weltweit 34 neue Chipfabriken eröffnet, weitere 58 Werke sollen zwischen 2022 und 2024 in Produktion gehen. Das würde die globalen Kapazitäten um etwa 40 Prozent erhöhen.⁴⁰

In dieser komplexen Gemengelage von technologischen Trends, Marktzyklen und Geopolitik sollte die EU besser auf Europas Stärken setzen, anstatt künftig auch hier ultrafeine 2-Nanometer-Chips zu produzieren. Die EU sollte deshalb die von Europa bereits besetzten Segmente in der globalen Chipindustrie aktiv fördern und neue attraktive Nischen im komplexen Ökosystem der Halbleiterindustrie finden. So sind – wie gesagt – Leistungselektronik und Sensorik entscheidend für das Gelingen der grünen und digi-

tal Transformation. Gerade hier sind europäische Chipfirmen (Bosch, Infineon, NXP und STMicroelectronics) führend. Sie fertigen aber nicht mit den teuersten Verfahren, die für ultrafeine Chips notwendig sind, sondern auf ganz anderen Anlagen.

Die EU hat zudem eine starke Position als Lieferant von Anlagen für das komplexe Ökosystem der Halbleiterindustrie und Alleinstellungsmerkmale bei den Fertigungstechniken für die anspruchsvollsten Chips. Deshalb beziehen sich auch die Regulierungsanstrengungen der USA auf diese Unternehmen. Hier sollte die EU die erreichte Position absichern und ausbauen. Im Chip Act der EU spielen diese europäischen Zulieferer aber keine Rolle.

Kurz gesagt: Beim vorgeschlagenen EU Chip Act sind die Schwerpunkte falsch gesetzt. Zwar hat Europa in der Chipindustrie allgemein und auch in der Chipfertigung Nachholbedarf. Aber es ist nicht erkennbar, wie mit dem extrem teuren und engen Fokus auf die Fertigung von ultrafeinen Logikchips die technologische Zukunftsfähigkeit des Industriestandorts Europa verbessert werden kann. Großkonzerne sollen mit Milliarden Euro gefördert werden, ohne ersichtlichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Mehrwert. Mit sehr viel öffentlichen Mitteln werden auf Dauer nur wenige Arbeitsplätze geschaffen und technologische Positionen nicht verbessert.

39 Party on, in: The Economist, 29.1.2022, S. 53.

40 When the chips are way down, S. 53.