



Transformationspfade für das Industrieland Deutschland

Eckpunkte für eine neue industriepolitische Agenda

September 2024

Im Auftrag von



Die Boston Consulting Group (BCG) unterstützt führende Akteure aus Wirtschaft und Gesellschaft in partner-schaftlicher Zusammenarbeit dabei, Herausforderungen zu meistern und Chancen zu nutzen. Seit der Gründung 1963 leistet BCG Pionierarbeit im Bereich Unternehmensstrategie. Die Boston Consulting Group hilft Kunden, umfassende Transformationen zu gestalten: Die Beratung ermöglicht komplexe Veränderungen, eröffnet Wachstumschancen, schafft Wettbewerbsvorteile, verbessert die Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit und bewirkt so dauerhafte Verbesserungen des Geschäftsergebnisses.

Das Institut der Deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Die Aufgabe des IW ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

Der Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) ist die Spitzenorganisation der deutschen Industrie und der industrienahen Dienstleister. 39 Branchenverbände, 15 Landesvertretungen und mehr als 100.000 Unternehmen mit rund acht Millionen Beschäftigten machen den Verband zur Stimme der deutschen Industrie. Der BDI setzt sich für eine moderne, nachhaltige und erfolgreiche Industrie in Deutschland, Europa und der Welt ein.

Gender-Hinweis:

Wenn in dieser Studie aus Gründen der besseren Lesbarkeit die männliche Form (generisches Maskulinum) verwendet wird, sind damit stets wertfrei alle Geschlechter (w/m/d) gemeint.



Transformationspfade für das Industrieland Deutschland

Eckpunkte für eine neue industriepolitische Agenda

September 2024



Inhalt

Kernbotschaften und Executive Summary	2
1 Der Industriestandort Deutschland fällt zurück	14
1.1 Die Industrie ist mit einem Fünftel der deutschen Wertschöpfung eine zentrale Säule des Wirtschaftsstandorts Deutschland	14
1.2 Die Wachstumsdynamik der Industrie hat in den letzten Jahren deutlich nachgelassen	15
1.3 Der deutsche Industriestandort verliert an Wettbewerbsfähigkeit	17
1.3.1 Die Energiekrise hat den Kostennachteil des Industriestandorts Deutschland massiv verschärft	18
1.3.2 Steuern und Arbeitskosten bleiben im internationalen Vergleich hoch	23
1.3.3 Bürokratische Auflagen und lange Genehmigungsverfahren belasten Unternehmen und verzögern Investitionen	23
1.3.4 Deutschlands Infrastrukturen sind kein Aushängeschild für den Standort (mehr)	25
1.3.5 Der demografische Wandel führt noch in dieser Dekade zu einer signifikanten Fach- und Arbeitskräftelücke	28
1.3.6 Deutschland kann weiter auf starker Forschung und Innovation aufbauen, doch andere Länder holen auf	30
1.3.7 Risiken aus geopolitischen Abhängigkeiten nehmen zu	31
1.3.8 Die Klimatransformation löst trotz erheblicher Fortschritte noch nicht ausreichende Investitionen aus	33
1.4 Im Gegensatz zu vorherigen Krisen ist die aktuelle strukturell – und braucht strukturelle Antworten	38
2 Rund ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung steht mittelfristig unter Druck	40
2.1 Die Energiekrise hat für energieintensive Industriesektoren einen strukturellen Wettbewerbsnachteil geschaffen	40
2.2 Mehrere weiterverarbeitende Sektoren sind von einem anstehenden Technologiewandel in ihrer Wettbewerbsfähigkeit bedroht	42
2.3 Durch enge Lieferbeziehungen sind mögliche Produktionsrückgänge in einzelnen Sektoren ein Risiko in der Breite des Wertschöpfungsgewebes	43
2.4 Rund ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung ist mittelfristig von Deindustrialisierung bedroht	46
3 Gleichzeitig hat Deutschland attraktive Wachstumschancen in neuen Billionenmärkten	48
3.1 Bis 2030 entsteht vor allem in grünen und digitalen Technologien ein Weltmarkt von jährlich mehr als 15 Bio. Euro	48
3.2 Die deutsche Industrie ist in mehreren dieser Märkte gut positioniert	49
3.2.1 Deutsche Autohersteller können in alternativen Antrieben und autonomer Mobilität gewinnen – brauchen aber einen stärkeren Heimatmarkt	51
3.2.2 Deutschland kann wieder zu einem Vorreiter der Energiewende werden – in Strom und Molekülen	52
3.2.3 Deutschland kann die globale Wärmewende mitgestalten – sofern die kommende Produktion dafür hier entsteht	52
3.2.4 Deutschland ist bereits führend in Automation und Robotics – und sollte offensiv in Digitalisierung und KI investieren	53

3.2.5	Deutschland hat weiter gute Wachstumschancen in Pharma und Medizintechnik – sollte jedoch Forschung offensiver unterstützen	54
3.3	Um den Industriestandort zu stärken, sollte Deutschland das Wachstum dieser Sektoren (industrie-)politisch unterstützen	54
	Exkurs: Photovoltaik: Das Gegenteil guter Standortpolitik	56
4	Deutschland kann auch in Zukunft als Industrienation erfolgreich sein – muss dafür aber große Teile seiner heutigen Industriewertschöpfung transformieren	58
4.1	Die Chemieindustrie muss zentrale Produktionsketten umstellen	60
	Exkurs: Raffinerien	68
4.2	Für den Baustoffsektor entstehen durch anstehende Klimaschutzinvestitionen neue Wettbewerbsrisiken	69
4.3	Die deutsche Stahlindustrie steht vor einem historischen Umbau – und benötigt dafür Unterstützung	73
4.4	Die Aluminiumindustrie hat stark unter der Energiekrise gelitten – hat aber Perspektive auf Wettbewerbsfähigkeit	77
4.5	Die Transformation der Automobilindustrie sollte angesichts zahlreicher Sektorverflechtungen industriepolitische Priorität sein	81
4.6	Für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau ist die Klimatransformation eine historische Wachstumschance	86
4.7	Auch die Elektro- und Digitalindustrie steht durch die Klimatransformation vor historischen Wachstumschancen	90
	Exkurs: Perspektive Mittelstand	94
5	Der Umbau des Industriestandorts ist eine der größten Transformationsanstrengungen seit der Nachkriegszeit	96
5.1	Der Industriestandort Deutschland muss wieder wettbewerbsfähig werden	97
5.1.1	Die Industrie braucht wettbewerbsfähige Energiepreise	97
5.1.2	Die Transformation erfordert ein enormes Infrastrukturprogramm	102
5.1.3	Deutschland braucht eine Digitalisierungsoffensive	106
5.1.4	Unternehmen müssen von bürokratischen Fesseln befreit werden	109
5.1.5	Deutschland muss seine Arbeits- und Fachkräftelücke schließen	110
5.1.6	Die Politik sollte kritische Abhängigkeiten begrenzen	112
5.2	Deutschland muss seine industrielle Basis sichern	115
5.2.1	Der Regulator sollte energieintensive Industriesektoren bei der Transformation unterstützen	116
5.2.2	Die Politik sollte einen breiten Technologieraum für Dekarbonisierung ermöglichen	119
5.2.3	Deutschland sollte die Kreislaufwirtschaft stärken	122
5.2.4	Deutschland und die EU sollten sich für effektiveren Schutz vor Carbon Leakage einsetzen	125

5.3	Deutschland muss sich neue Wachstumsquellen erschließen	128
5.3.1	Deutschland sollte die heimische Nachfrage nach grünen Technologien stärken	129
5.3.2	Deutschland sollte noch stärker Innovation in Zukunftstechnologien fördern	131
5.3.3	Die Politik sollte in ausgewählten Wachstumsbranchen aktiv die Lokalisierung neuer Produktion unterstützen	134
5.3.4	Der Regulator sollte Exporteuren möglichst freien internationalen Marktzugang sichern	136
5.4	Deutsche und europäische Industriepolitik muss gemeinsam gedacht werden	138
6	Die Finanzierung dieser Transformation wird allein bis 2030 mehr als eine Billion Euro erfordern	142
6.1	Die Transformation des deutschen Industriestandorts wird bis 2030 rund 1,4 Bio. Euro Mehrinvestitionen erfordern	142
	Exkurs: Mehrinvestitionen, Mehrkosten und fiskalische Belastungen der Transformation	145
	Exkurs: US Inflation Reduction Act	148
6.2	Die mit der Transformation verbundenen öffentlichen Ausgaben reißen bis 2030 eine fiskalische Lücke von über 70 Mrd. Euro pro Jahr	148
	Exkurs: Steuerliche Entlastungen	151
6.3	Die Finanzierung dieser Transformation ist eine Mehrgenerationenaufgabe	152
7	Der Industriestandort Deutschland steht vor einer Dekade der Entscheidung	154
8	Appendix	156
	Abbildungsverzeichnis	165
	Tabellenverzeichnis	169
	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	170
	Quellen	179
	Über die Autoren	184
	Danksagung	185



Vorwort des BDI

Deutschland ist Industrieland. Mehr als in den meisten großen Volkswirtschaften basiert unser Wohlstand auf industrieller Wertschöpfung. Doch dieses Geschäftsmodell ist stärker herausgefordert denn je.

Unsere Energiekosten bleiben auch nach der Energiekrise strukturell höher als bei unseren Wettbewerbern. Gleiches gilt für andere Kostennachteile bei Steuern, Abgaben sowie Löhnen, welche unsere Vorteile bei Stabilität, Forschung und Produktivität vielfach nicht mehr ausgleichen können. Externe Krisen, die Freihandel und die Einhaltung internationaler Regeln schwächen und höhere Ausgaben für Verteidigung und Resilienz von Lieferbeziehungen erforderlich machen, werden durch schleichende interne Krisen wie eine überalterte Infrastruktur, Arbeitskräftemangel und immer umfassendere bürokratische Berichtspflichten verstärkt. Gleichzeitig erfordert der Klimawandel den Umbau vieler Produktionsprozesse, was sehr kapitalintensiv ist und ohne ein ausreichendes internationales „Level Playing Field“ die Wettbewerbsfähigkeit spürbar einschränkt.

Wie kann also eine Transformation des Industriestandortes Deutschland angesichts dieser vielen strukturellen Herausforderungen aussehen? Wie unterschiedlich ist die Industrie konkret betroffen, und wie kann der Industriestandort langfristig stark gemacht werden, um Anschluss an die Wachstumsdynamik anderer Volkswirtschaften zu finden? Diese Fragen waren der Ausgangspunkt für diese Studie, die der Bundesverband der Deutschen Industrie bei der Boston Consulting Group (BCG) und dem Institut der deutschen Wirtschaft (IW) in Auftrag gegeben hat. Nachdem in den beiden "Klimapfade"-Studien von 2018 und 2021 sektorübergreifend volkswirtschaftlich kosteneffiziente Pfade in Richtung Klimaneutralität beschrieben wurden, die dafür erforderlichen Investitionen ermittelt wurden und ein klimapolitischer Instrumentenmix vorgeschlagen wurde, der die individuell notwendigen

Anreize für diese Investitionen setzen sollte, ist die Zielrichtung der vorliegenden "Transformationspfade" für das Industrieland Deutschland breiter und fokussierter zugleich. Einerseits werden sämtliche Standortfaktoren des Industrielandes und die damit zusammenhängenden Politikfelder in den Blick genommen – von Energiepreisen über Infrastrukturen bis zu Fachkräfteverfügbarkeit und Transformationsdynamik. Andererseits steht die Industrie mit ihren branchenübergreifenden Wertschöpfungsgeweben dieses Mal stärker im Vordergrund.

Transformation – das bedeutet grundlegenden Wandel als fortwährenden Prozess. Transformation als Antwort auf Klimawandel, digitale Revolution und geopolitische Veränderungen erfordert nicht punktuelle Veränderungen, sondern ein ganzheitliches Wachstumsprogramm mit massiv höheren Investitionen. 1,4 Bio. Euro zusätzliche Investitionen bis 2030 sind eine große Summe, aber volkswirtschaftlich vertretbar. Entscheidend ist, dass der Mut für die Priorisierung und konsequente Umsetzung einer solchen Investitionsagenda eingebracht wird, die von einer Vertrauens- und Ermöglichungskultur getragen wird und die Vorteile eines europäischen Binnenmarktes noch konsequenter nutzt. Die Studie definiert dazu 15 Handlungsfelder und benennt dafür – ebenso wie die begleitenden BDI-Schlussfolgerungen – konkrete Maßnahmen.

Ich danke dem Gutachterteam von BCG und IW für die sorgfältigen und klaren Analysen, den vielen direkt und indirekt Beteiligten aus den Mitgliedsverbänden des BDI und der Energiewirtschaft, den namhaften Mitgliedern des Projektbeirats sowie allen beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BDI für ihren Rat und ihr Engagement, um die Qualität, Praxisnähe und damit Relevanz des Berichts als Ausgangspunkt für industriepolitische Debatten und Strategien sicherzustellen.

Ihr



Kernbotschaften und Executive Summary

Der Industriestandort Deutschland fällt strukturell zurück – bei zwei Dritteln der wichtigsten Standortindikatoren liegt er hinter relevanten Wettbewerbern

Die deutsche Industrie ist mit einem Fünftel der Bruttowertschöpfung (BWS) und rund 16 % aller Erwerbstätigen eine wesentliche Säule des Wirtschaftsstandorts Deutschland (zum Vergleich: In den USA trägt die Industrie lediglich 11 % zur Wertschöpfung und nur 10 % zur Beschäftigung bei). Berücksichtigt man den weiteren Industriedienstleistungsverbund, also durch die Industrie genutzte Dienstleistungen wie Handel oder Logistik, erwirtschaftet sie sogar knapp ein Drittel der Bruttowertschöpfung.

Der Industriestandort Deutschland ist zurückgefallen

ABBILDUNG 1 | Übersicht der wesentlichen Standortindikatoren für die deutsche Industrie

Wirtschaftliche Entwicklung		Wertschöpfung	Produktion	Beschäftigung	Exporte	Stimmungsbild	Kapitalstock		
Kostenbelastung	Energiepreise	Strom	Gas		CO ₂ -Bepreisung		H ₂		
	Lohnkosten	Arbeitskosten			Arbeitsproduktivität				
	Steuern & Abgaben	Unternehmensteuer			Einkommensteuer				
	Bürokratie	Bürokratieaufwendungen	Dauer Genehmigungsverfahren		Digitalisierungsgrad Verwaltung	Umsetzungsfähigkeit Verwaltung			
Standortqualität	Infrastruktur	Telekommunikation	Stromnetz: Stabilität		Stromnetz: Kapazität		Straße, Schiene, Wasserstraße		
	Fachkräfte	Bildungsniveau			Fachkräfteangebot				
	Souveränität	Rohstoffzugang		Resiliente Lieferketten		Absatzabhängigkeiten			
	Innovation	Forschungsaktivität			Entwicklung Schlüsseltechnologien				
	Andere Faktoren	Rechtssicherheit	Stabilität der Politik	Schutz geistigen Eigentums		Finanzsystem	Globaler Marktzugang		
Transformationsdynamik	Dekarbonisierung	Industriedekarbonisierung	Verkehrswende		Wärmewende		Energiewende		
	Neue Infrastruktur	Stromnetze	H ₂ -Infrastruktur	CO ₂ -Infrastruktur		Lade-/H ₂ -Tankinfrastruktur	Schiene		
	Zugang zu (grüner) Energie	Erneuerbarer Strom	Gesicherte Leistung		LNG		Grüne Moleküle		
Standortattraktivität heute im internationalen Vergleich:							Hoch	Mittel	Gering

Hinweis: Internationaler Vergleich bei Kostenbelastung und Standortqualität, bei wirtschaftlicher Entwicklung und Transformationsdynamik Vergleich mit historischer Entwicklung bzw. mit deutschen Zielen. Siehe Abbildung 13 im Hauptteil der Studie
Quelle: Analyse BCG und IW

Die Wachstumsdynamik der Industrie hat in den letzten Jahren allerdings deutlich nachgelassen. Nach der herausfordernden Corona-Phase hat zuletzt die Energiekrise vor allem die Produktion energieintensiver Industriesektoren einbrechen lassen. Dieser Rückgang erfolgte am Ende einer Periode, in der Investitionen in die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts bereits seit längerer Zeit stagnierten. Mit weniger als 12 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) lag die private Investitionsquote hinter jener wichtiger Wettbewerber (z. B. USA mit 13 %, Frankreich mit 14 % und Schweden mit 16 % des BIP), obwohl sie in Anbetracht der benötigten Transformationsinvestitionen deutlich steigen müsste.

Die seit der Energiekrise gestiegenen Energiekosten haben traditionelle Kostenvorteile deutscher Unternehmen bei Lohnkosten, Steuern und Abgaben in einem Maße verschärft, welches bisherige Standortstärken wie hohe Produktivität, Innovationskraft und stabile Rahmenbedingungen nicht mehr kompensieren können. Bei immer mehr Indikatoren fällt der Standort Deutschland hinter wichtige Wettbewerber wie die USA, China und andere Industrienationen zurück. Bürokratische Auflagen belasten Unternehmen und verzögern dringend benötigte Investitionen. Energie- und Verkehrsinfrastruktur weisen wachsende Rückstände auf, digitale Infrastruktur wird nicht schnell genug ausgebaut. Zudem setzen neue strukturelle Herausforderungen wie ein zunehmender Arbeits- und Fachkräftemangel und die Destabilisierung globaler Lieferketten Unternehmen unter Druck.

Gleichzeitig löst die Klimatransformation bisher nur sehr begrenzte Investitionsimpulse aus. Von den in der „Klimapfade 2.0“-Studie 2021 errechneten rund 860 Mrd. Euro an erforderlichen Mehrinvestitionen bis zum Ende der Dekade ist bisher nur ein Bruchteil tatsächlich geflossen und rund ein Drittel weiterhin regulatorisch unzureichend angereizt. Vor allem der Hochlauf CO₂-armer Energieträger und die Modernisierung der Energieinfrastrukturen bleiben trotz zuletzt deutlich ambitionierterer Regulierung hinter den gesetzten Zielen zurück.

Im Gegensatz zu vielen vorherigen Krisen ist die aktuelle auch struktureller Natur. Mehrere Säulen des bisherigen deutschen Industrieerfolgs sind gleichzeitig ins Wanken geraten: Die Zeit günstiger fossiler Gasimporte ist mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine wahrscheinlich auf absehbare Zeit vorbei. Die Demografiekrise und ein schwächelndes Bildungssystem kehren Deutschlands traditionell starkes Arbeits- und Fachkräfteangebot in den nächsten Jahren in einen Mangel um. Ein teilweise über Dekaden erarbeiteter Vorsprung in Bereichen wie der Verbrennertechnologie verliert an Bedeutung. Und das deutsche Exportmodell gerät durch wachsende geopolitische Spannungen, weltweiten Protektionismus und eigene Standortschwächen zunehmend unter Druck.

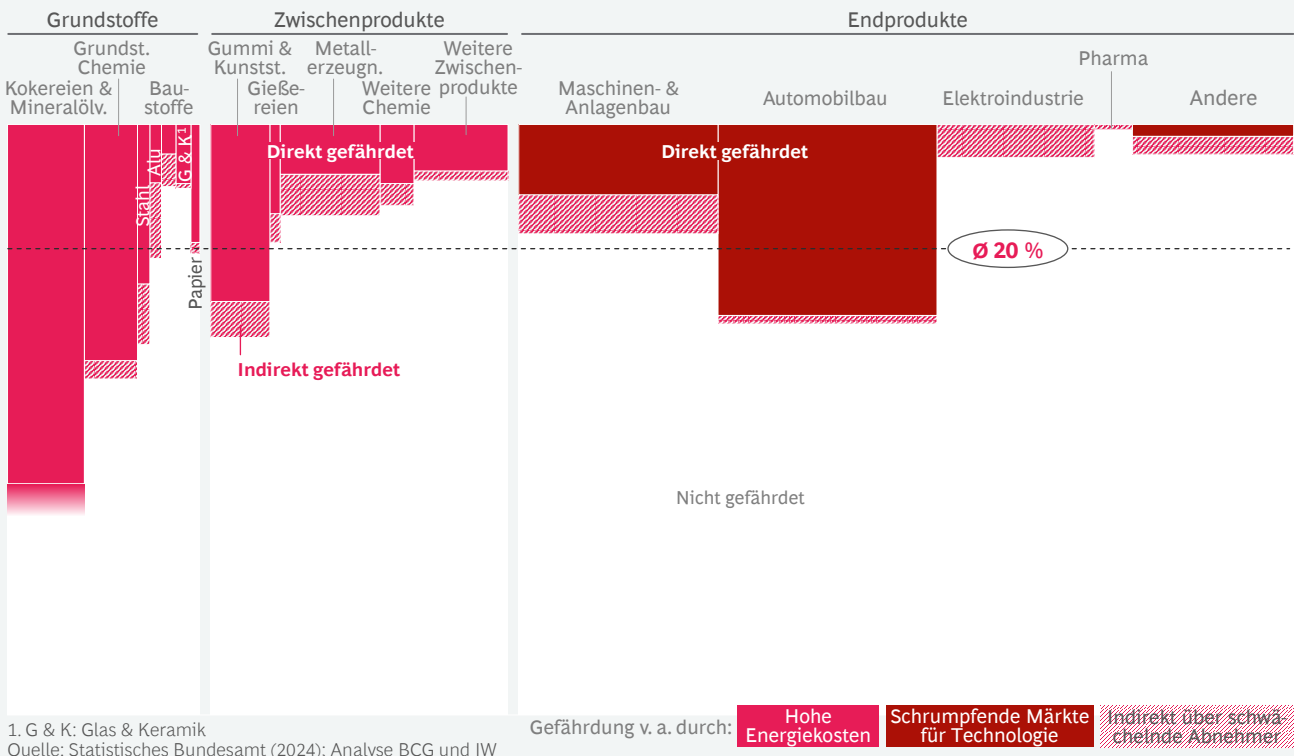
Ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung ist mittelfristig gefährdet – vor allem durch hohe Energiekosten und schrumpfende Märkte für bisherige deutsche Kerntechnologien

Die Energiekrise hat für energieintensive Industriesektoren einen nachhaltigen Wettbewerbsnachteil zur Folge. Gestiegene Preise für fossile Energieträger haben die Produktionskosten ganzer Sektoren um teilweise über 25 % wachsen lassen. Vor allem Produzenten in energieintensiven Grundstoffsektoren droht deswegen auch am Ende der Dekade gegenüber Wettbewerbern in China und den USA noch ein Kostennachteil von bis zu 15 %, womit die Gefahr einer schleichenden Abwanderung von Produktion und Investitionen weiter zunimmt.

Ein Fünftel der Industriewertschöpfung unter Druck

ABBILDUNG 2 | Bruttowertschöpfung und Gefährdung der deutschen Industrie

Bruttowertschöpfung der Industrie in Deutschland (für 2019, Breite der Balken) und Gefährdung (rote Einfärbung)



Produzenten am Ende der Wertschöpfungsketten sind von der Energiekrise weniger unmittelbar betroffen, werden allerdings teilweise durch einen anstehenden Technologiewandel gefährdet. Vor allem der deutschen Automobilindustrie und Unternehmen im fossilen Anlagenbau droht ein erheblich schrumpfender Weltmarkt für ihre Kerntechnologien. Der dadurch drohende Produktionsverlust birgt für Deutschland aufgrund der Größe dieser Industrien ein sogar noch stärkeres Deindustrialisierungsrisiko.

Durch die enge Verflechtung der deutschen Industrie werden Betroffenheiten einzelner Sektoren außerdem zu einem Risiko in der Breite. Die Grundstoffindustrien lösen indirekt mehr als 80 Mrd. Euro zusätzlicher Wertschöpfung durch den Einkauf von Vorleistungen aus; Automobilsektor, Maschinen- und Anlagenbau sowie Elektro- und Digitalindustrie gemeinsam sogar rund 270 Mrd. Euro. Zusätzlich tragen die Grundstoffindustrien auch zur Wertschöpfung in nachgelagerten Sektoren bei, wie zum Beispiel die Grundstoffchemie als Kernlieferant der Pharmaindustrie.

Gleichzeitig eröffnet vor allem die globale Klimatransformation Deutschland neue Wachstumschancen – auf neuen Märkten mit mehr als 15 Bio. Euro Umsatz in 2030

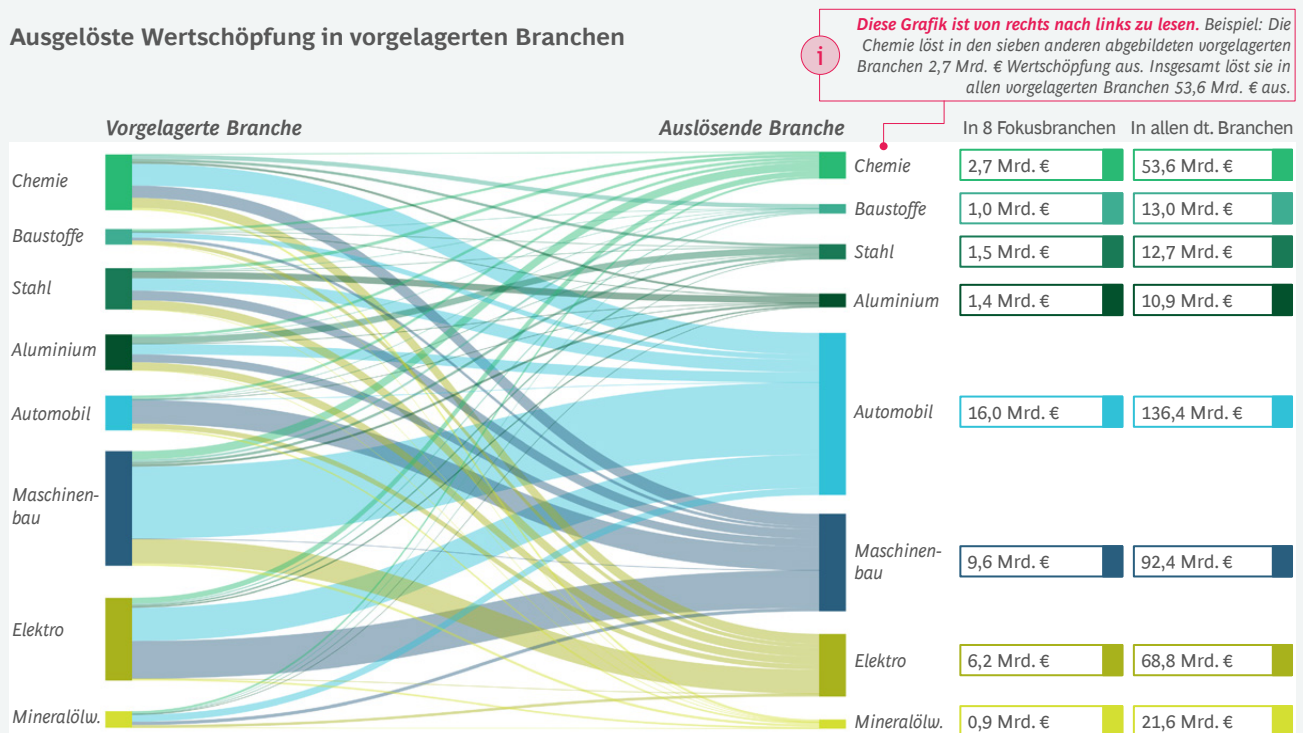
Fundamentale globale Trends wie die Klimatransformation, Digitalisierung und Gesundheit lassen in den nächsten Jahren weltweit neue Milliardenmärkte entstehen. Bis 2030 werden allein in diesen Zukunftsfeldern voraussichtlich globale Umsätze von mehr als 15 Bio. Euro pro Jahr erzielt werden.

Deutschland hat vor allem in den Bereichen Klimatechnologien, industrielle Automatisierung und Gesundheit eine gute Ausgangssituation, um neue Industriewertschöpfung aufzubauen. Der Standort verfügt traditionell über kompetente Fachkräfte in Ingenieurberufen (auch wenn hier zukünftig Lücken drohen), zahlreiche Unternehmen mit hoher Technologiekompetenz, eine starke Innovationsbasis und gute Forschungs-

Abhängigkeiten durch hohe Branchenverflechtungen

ABBILDUNG 3 | Wertschöpfungsgewebe – indirekt ausgelöste Wertschöpfung der Industriezweige in Deutschland

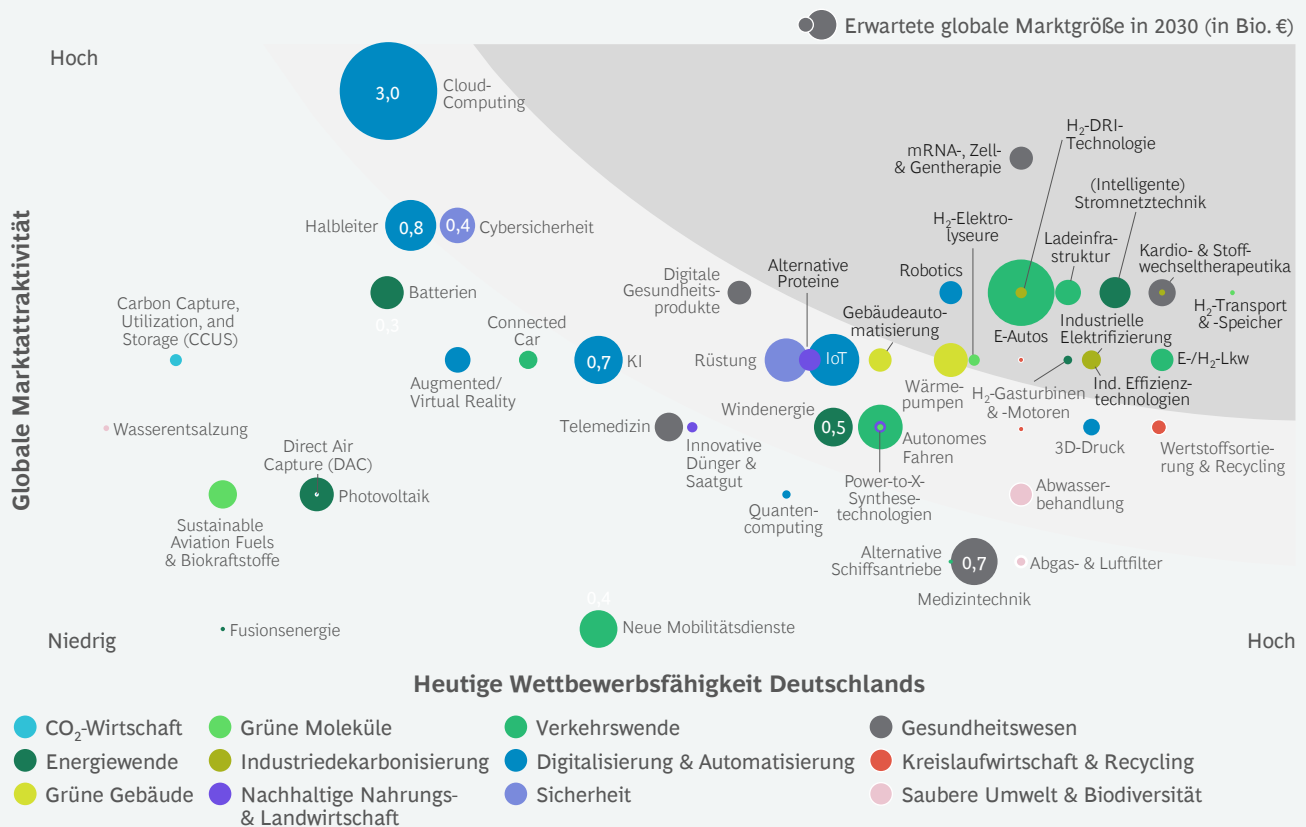
Ausgelöste Wertschöpfung in vorgelagerten Branchen



Hinweis: Aussagen über indirekte Wertschöpfung sind nur für einzelne Fokusbranchen (rechts) möglich. Addition über verschiedene Fokusbranchen hinweg ist aufgrund von Doppelungen unzulässig
Quelle: OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (2023); Analyse BCG und IW

Deutschland in mehreren Wachstumsmärkten gut positioniert

ABBILDUNG 4 | Wachstumsmärkte nach globaler Marktattraktivität und deutscher Wettbewerbsfähigkeit



Quelle: Analyse BCG und IW

institutionen. In Sektoren wie Automobil und Pharma startet Deutschland mit etablierten Weltmarktführern. Gleichzeitig kann sich durch Europas Vorreiterrolle im globalen Klimaschutz insbesondere für viele Klimatechnologien ein starker Heimatmarkt etablieren, der einen wichtigen Startpunkt zur Skalierung neuer Produkte für den Weltmarkt bietet.

Ob der deutsche Industriestandort auch in Zukunft noch wächst, hängt maßgeblich vom Erfolg deutscher Unternehmen in diesen Zukunftsmärkten ab. Auch für die Zukunft der deutschen Grundstoffsektoren ist ein Erfolg in diesen Märkten zentral, da sie vor allem auf starke Absatzmärkte in Deutschland und Europa angewiesen sind.

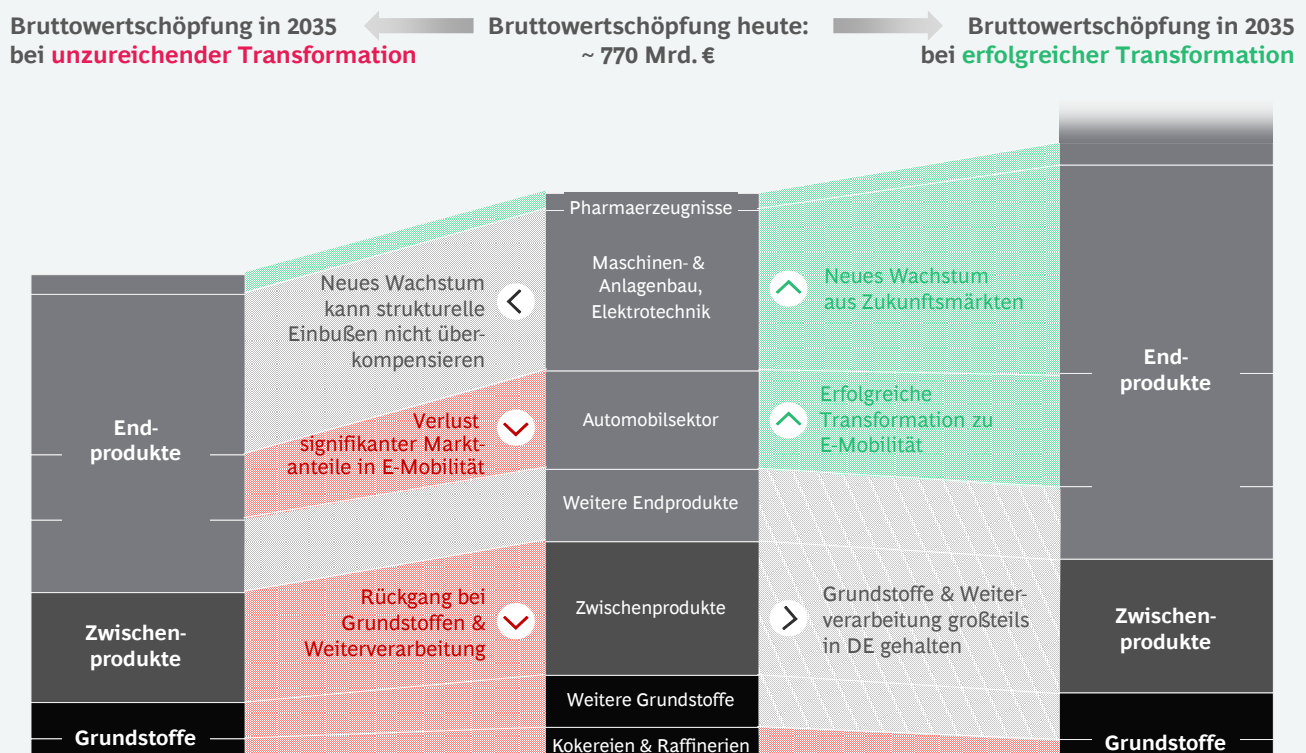
Allerdings steht Deutschland im Standortwettbewerb mit Ländern, die den Aufbau dieser Zukunftsmärkte mit starker Industriepolitik unterstützen. Um seine gute Ausgangssituation tatsächlich in Wachstum zu übersetzen, sollte Deutschland den Aufbau neuer industrieller Wertschöpfung daher politisch proaktiver begleiten.

Um auch in Zukunft erfolgreich zu sein, muss Deutschland sich als Industrienation neu erfinden

Bei einem „Weiter so“ droht sich der Deindustrialisierungsprozess in Deutschland in den kommenden Jahren weiter zu beschleunigen. Energieintensive Industriesektoren leiden unter wachsenden Wettbewerbsnachteilen durch hohe Energiekosten und Belastungen aus der Klimawende. Die Automobilindustrie riskiert, im (E-)Automarkt der Zukunft Marktanteile gegen neue Wettbewerber aus China zu verlieren. Dem Maschinenbau könnten damit wesentliche nationale Absatzmärkte wegbrechen – während gleichzeitig der Zugang zum Weltmarkt schwieriger wird. Und in den großen Zukunftstechnologien rund um die Klimawende droht Deutschland den Standortwettbewerb gegen Länder wie die USA und China zu verlieren, die den Aufbau dieser Industrien aktiv unterstützen.

Neues Wachstum braucht konsequente Transformation

ABBILDUNG 5 | Industrielle Bruttowertschöpfung heute und in zwei Transformationsszenarien für 2035



Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Analyse BCG und IW

Die Chemie muss zentrale Produktionsketten umstellen

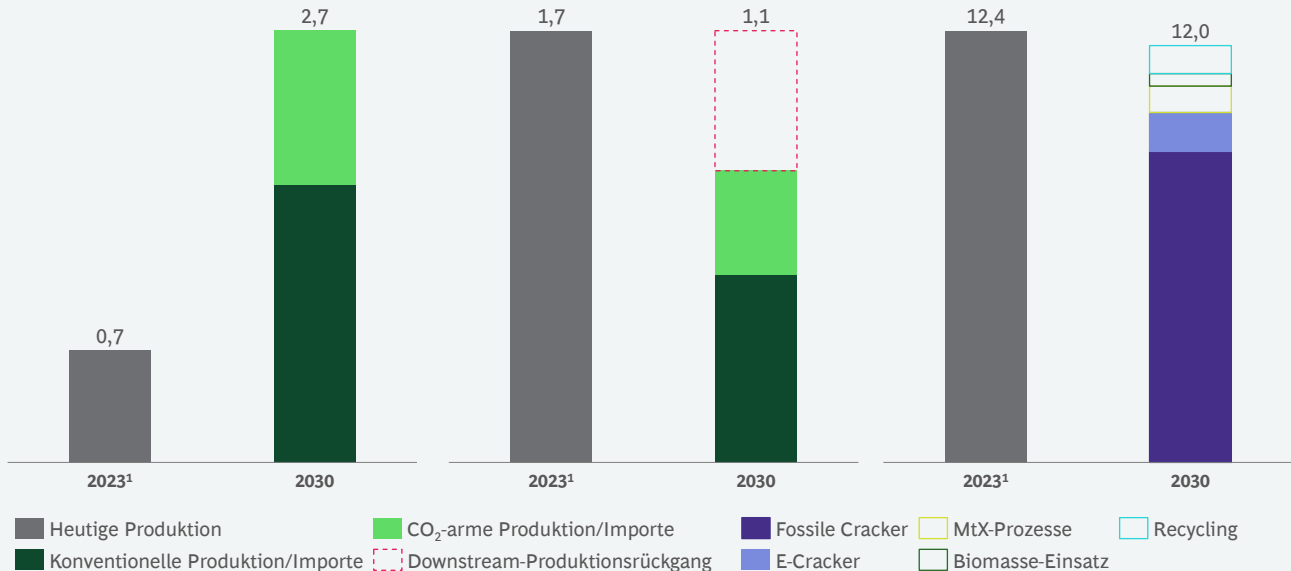
ABBILDUNG 6 | Transformationspfad verschiedener chemischer Wertschöpfungsketten

Methanol: Steigende Nachfrage durch MtX-Prozesse, Importe wahrscheinlich

Ammoniak: Teilweise Exportrückgang & Import von Folgestufen (v. a. Dünger)

High-Value Chemicals: Verlagerung zu neuen Prozessen und Feedstocks

Grundstoffbedarf (in Mtpa)



1. Als Startwert 2023 Durchschnitt von 2021 und 2022 angenommen, um eingetretene Erholung ggü. Produktion 2022 zu berücksichtigen
Hinweis: CO₂-arme Quelle bei NH₃ und MeOH basiert auf RED-III-Industrieziel von 42 % CO₂-armem H₂ in stofflicher Nutzung
Quelle: VCI (2023); Analyse BCG und IW

Allerdings ist dieses Szenario nicht unausweichlich. Deutschland kann seine Geschichte als erfolgreiche Industrienation fortschreiben, muss dafür aber große Teile seiner bestehenden Wertschöpfung transformieren. Die energieintensive Industrie muss mitten in einer Produktionskrise und trotz erheblicher Energiekostennachteile ihre Standorte in Richtung Klimaneutralität entwickeln. Dafür benötigt sie zielgerichtete finanzielle Unterstützung und besseren Zugang zu CO₂-armen Energieträgern und zugehörigen Infrastrukturen.

Die Zukunft des Automobilsektors hängt maßgeblich davon ab, ob deutsche Hersteller auch in der Elektromobilität erfolgreich sind. Dafür muss Deutschland mit einem starken europäischen Heimatmarkt für E-Autos, einer wettbewerbsfähigen Batteriewertschöpfungskette und Investitionen in Digitalisierungs- und Softwarekompetenzen die Grundlagen für neue globale Technologieführerschaft bereiten.

Sektoren wie der Maschinen- und Anlagenbau und die Elektroindustrie stehen vor allem aufgrund der globalen Klimatransformation vor historischen Wachstumschancen. Um diese in tatsächliches Wachstum zu

übersetzen, benötigen sie einen starken europäischen Heimatmarkt im Rücken – und Anreize für den Aufbau heimischer Produktion.

In kaum einer Industrie ist die erforderliche Transformation so fundamental wie in der Grundstoffchemie. Der Sektor ist sehr energieintensiv, sehr exportintensiv und durch die Komplexität seiner Produkte durch Instrumente wie den Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) sogar gegenüber CO₂-intensiveren Importen kaum wirksam zu schützen. Der Druck auf die bereits seit der Energiekrise rückläufige Wettbewerbsfähigkeit wird weiter erhöht durch steigende effektive CO₂-Preise, die Umstellung auf erneuerbare Energieträger sowie den Ersatz fossiler Rohstoffe. Die Industrie braucht daher einen elementaren Wandel als Flucht nach vorn: In Form einer Neuordnung von Wertschöpfungsketten, zum Beispiel durch zunehmende Importe ausgewählter sehr energieintensiver Grundstoffe unter Beibehalt darauf aufbauender Wertschöpfungsketten. In Form erheblicher Investitionen in Umrüstung bestehender Anlagen sowie neue Produktionstechnologien wie Methanol-to-Olefins, Elektrifizierung und die Nutzung biogener und recycelter Kohlenwasserstoffe. Und in Form einer Ausrichtung auf neue

Wachstumsfelder, zum Beispiel im Rahmen der Klimatransformation, bei denen die deutsche Grundstoffchemie durch hohe Innovationskraft und enge Verknüpfung zu anderen Sektoren wichtige Wachstumspotentiale erschließen kann.

Deutschland braucht eine industriepolitische Agenda – und die größte Transformationsanstrengung seit der Nachkriegszeit

Der Umbau des deutschen Industriestandorts erfordert einen industriepolitischen und unternehmerischen Kraftakt. Auf die aktuelle strukturelle Krise und die sehr unterschiedlichen Betroffenheiten verschiedener Industriesektoren gibt es keine einfachen Antworten. Die Politik muss an vielen Stellen gleichzeitig ansetzen – und überall erheblich konsequenter als in der Vergangenheit.

Deutschland muss seine Standortbedingungen in der Breite wieder wettbewerbsfähig machen:

1. Die deutsche Industrie braucht wieder eine wettbewerbsfähige Energieversorgung. Dazu sollten Kosteneffizienz und Versorgungssicherheit erheblich stärker ins Zentrum des erforderlichen Umbaus des Stromsystems rücken, Ausbaukosten besser verteilt, industrielle Anwender – wo nötig – gezielt und planungssicher entlastet und der Zubau von gesicherter Leistung effizient angereizt werden. Gleichzeitig sollte der Hochlauf erneuerbarer Moleküle unterstützt werden, indem Produktion, Import, Infrastruktur und Nutzung stärker regulatorisch angereizt werden.
2. Die Transformation erfordert ein enormes Infrastrukturprogramm – mit erheblichen Investitionen in Strom-, Wasserstoff- und CO₂-Netze sowie Ladeinfrastruktur. Gleichzeitig muss Deutschland einen signifikanten Investitionsstau in seiner Verkehrsinfrastruktur überwinden – insbesondere auf der Schiene.
3. Zur Vorbereitung auf die anstehende KI-Revolution benötigt Deutschland eine umfassende Digitalisierungsoffensive. Um zur digitalen Weltspitze

Handlungsfelder für eine erfolgreiche Transformation

ABBILDUNG 7 | Übersicht über 15 Handlungsfelder für eine erfolgreiche Transformation



Quelle: Analyse BCG und IW

aufschließen zu können, sind erheblich höhere Investitionen erforderlich – vor allem in den Ausbau von Telekommunikationsnetzen, in Bildung, Forschung und Innovation sowie in KI-fähige Rechen- und Serverkapazitäten.

4. Unternehmen müssen von bürokratischen Fesseln befreit werden. Das erfordert eine erheblich schnellere Digitalisierung, die Beschleunigung zahlreicher bestehender Prozesse – und einen Paradigmenwechsel durch den Abbau ineffizienter Regulierung, zum Beispiel durch Vermeidung von „Goldplating“ bei EU-Vorgaben.
5. Deutschland muss seine Arbeits- und Fachkräftelücke schließen, da diese eine der größten Gefahren für zukünftiges Industriewachstum ist. Dafür braucht Deutschland eine nationale Bildungsoffensive, erheblich mehr qualifizierte Zuwanderung und einen deutlich stärkeren Einsatz von Digitalisierung, Automatisierung und Robotics. Außerdem sollte das bestehende Arbeitskräftepotenzial stärker genutzt werden – durch mehr Vollzeitarbeit, Arbeitsmarktteilhabe und längere Lebensarbeitszeiten.
6. Deutschland sollte kritische Abhängigkeiten reduzieren – und neue vermeiden. Dafür sollten strategische Importpartnerschaften für kritische Rohstoffe etabliert und die deutsche und europäische Rohstoffförderung und -weiterverarbeitung gestärkt werden. Außerdem sollte Deutschland die heimische Produktion besonders kritischer Vorprodukte wie Halbleiter und Batterien stärken.

Um die deutsche Industrie in der Breite – eine der großen Stärken des Standorts – zu erhalten, sollte die Politik die industrielle Basis unterstützen:

7. Energieintensive Industrien wie Stahl, Chemie und Baustoffe stehen vor erheblichen ökonomischen Herausforderungen bei der Klimatransformation. Um auch in Zukunft wettbewerbsfähig produzieren zu können, benötigen sie gezielte finanzielle Unterstützung für den Umbau ihrer Anlagenbasis und einen Ausgleich der teilweise erheblichen Mehrkosten für grüne Energieträger. Zudem sollte der Aufbau grüner Leitmärkte in ausgewählten Sektoren unterstützt werden, um diesen Förderbedarf mittelfristig zu reduzieren.
8. Um gleichzeitig die Transformation für Unternehmen und öffentliche Haushalte so ökonomisch wie möglich zu gestalten, sollten der Bund und die Länder den vollständigen technologischen Optionenraum zur Dekarbonisierung breit nutzen – und den Einsatz von Carbon Capture and Storage (CCS) ermöglichen, inkl. der erheblich günstigeren

Onshore-Speicherung von CO₂. Dazu gehört auch die Förderung von Carbon Capture and Utilization (CCU).

9. Um die Ressourcenbasis der Grundstoffindustrien zu sichern, Rohstoffabhängigkeiten zu minimieren, eine Defossilisierung des Chemie- und vorgelagerten Raffineriesektors zu ermöglichen, Wachstumschancen durch neue zirkuläre Geschäftsmodelle zu eröffnen und insgesamt Ressourcenschonung und Dekarbonisierung zu unterstützen, sollte die Politik die Kreislaufwirtschaft stärken.
10. Zudem sollte die Industrie zukünftig effektiver vor der wachsenden Gefahr von „Carbon Leakage“ geschützt werden – also der Abwanderung emissionsintensiver Industrieproduktion oder -investitionen in Länder mit geringeren Klimaschutzambitionen. Das erfordert eine grundsätzliche Überprüfung der Wirksamkeit und die Behebung der Probleme des CO₂-Grenzausgleichs der EU (CBAM), eine deutliche Weiterentwicklung des Systems aus CBAM und freien Zuteilungen sowie ggf. die Entwicklung zusätzlicher Instrumente für stark betroffene und derzeit nicht erfasste Unternehmen.

Um auch in Zukunft Industriewachstum zu ermöglichen, muss Deutschland neue Wertschöpfung in Zukunftsmärkten schaffen:

11. Deutschland sollte die heimische Nachfrage nach grünen Technologien stärken. Die Umsetzung der deutschen und europäischen Klimawende bedeutet ein gigantisches Investitionsprogramm in klimafreundliche Technologien und Infrastruktur – und könnte für Unternehmen in diesen Sektoren die Grundlage für eine erfolgreiche Positionierung in stark wachsenden Weltmärkten schaffen. Dafür sollte Deutschland Nutzern dieser Technologien deutlich attraktivere Rahmenbedingungen schaffen und grüne Technologien in allen Sektoren wettbewerbsfähig mit fossilen Alternativen machen.
12. Deutschland sollte erheblich mehr in Forschung und Entwicklung investieren – vor allem in zentralen Zukunftsfeldern, wie zum Beispiel der Antriebswende, Energiewende, Wärmewende, Digitalisierung und im Gesundheitswesen. Dafür sollte Deutschland bei den öffentlichen Forschungsausgaben zur globalen Spitzengruppe aufschließen und zugleich mehr privates Wagniskapital für die Skalierung neuer Unternehmen mobilisieren.
13. In ausgewählten Wachstumsbranchen sollte die Politik im Kontext einer gemeinsamen europäischen Standortpolitik aktiv die Lokalisierung neuer Produktion anreizen – und damit den Wettbewerb mit anderen großen Volkswirtschaften aufnehmen,

die ihren Unternehmen in diesen Sektoren aktuell eigennützige und zum Teil auch unfaire Startbedingungen verschaffen.

päischen Rahmenbedingungen abhängig. Daher müssen und können einige dieser Themen mit gemeinsamen europäischen Initiativen adressiert werden.

14. Gleichzeitig bleibt ein freier Weltmarkt für das Exportland Deutschland von herausragender Bedeutung. Die Politik sollte daher weiter auf eine Stärkung des globalen Freihandels hinwirken, eine weitere Ausweitung von Freihandelsabkommen anstreben und den europäischen Absatzmarkt stärken.
15. Um diese Transformation erfolgreich zu meistern, müssen in Deutschland umfangreiche zusätzliche Investitionen bis zum Jahr 2030 getätigt werden – insgesamt etwa 1,4 Bio. Euro, die sowohl vom privaten Sektor als auch von der öffentlichen Hand aufzubringen und langfristig im Sinne eines Zukunftspakets zu finanzieren sind.

Viele der beschriebenen Herausforderungen – darunter steigende Energiekosten, zunehmende EU-Bürokratie, eine herausfordernde demografische Entwicklung und wachsende geopolitische Spannungen – teilt Deutschland mit seinen europäischen Nachbarn. Zudem ist die deutsche Industriepolitik stark von euro-

Die Finanzierung dieser Transformation erfordert allein bis 2030 mehr als eine Billion Euro zusätzlicher Investitionen – und muss als Mehrgenerationenaufgabe geschultert werden

Der Umbau des deutschen Industriestandorts erfordert eine der größten Transformationsanstrengungen seit der Nachkriegszeit – und Mehrinvestitionen in Höhe von rund 1,4 Bio. Euro bis 2030.

Ein Teil dieser Investitionen – zum Beispiel in die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur – muss unmittelbar von der öffentlichen Hand getragen werden

ABBILDUNG 8 | Übersicht über 15 Handlungsfelder und mögliche politische Hebel

Erforderliche Mehrinvestitionen bis 2030

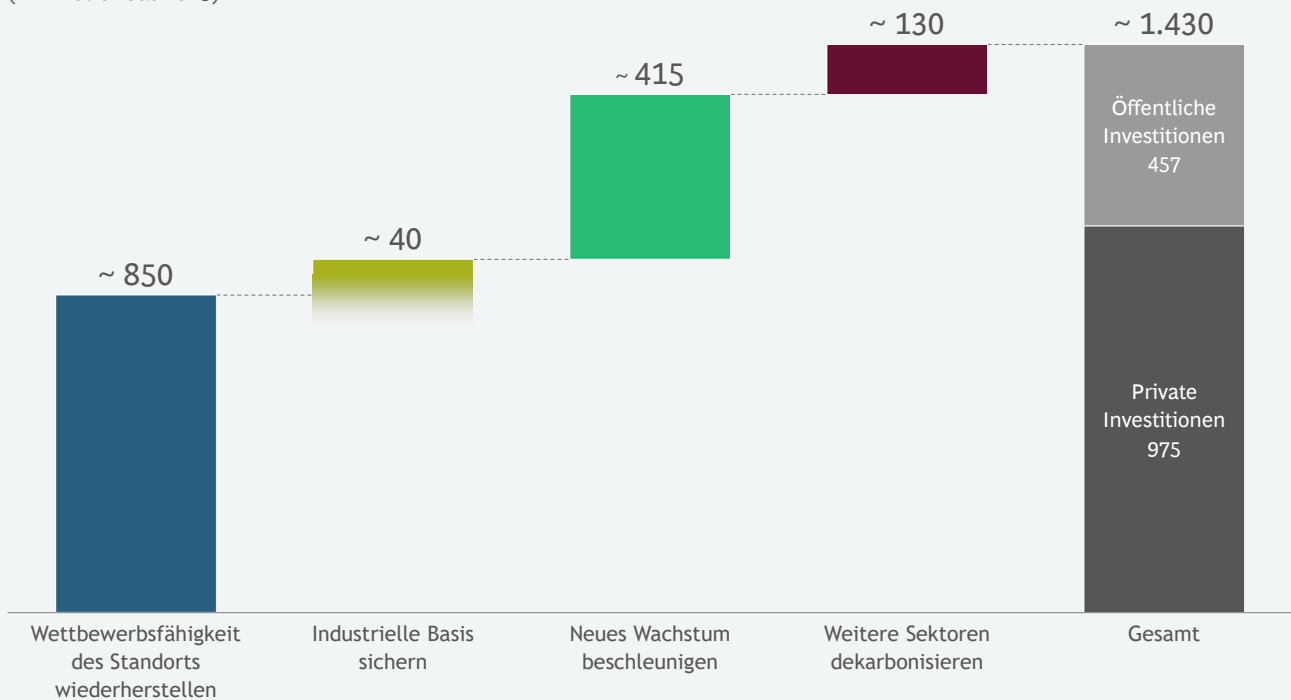
WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DES STANDORTS WIEDERHERSTELLEN	Energieversorgung wettbewerbsfähig machen (Kosteneffizienterer Ausbau des Stromsystems; gezielte Entlastung industrieller Strompreise; Zugang zu günstigen erneuerbaren Molekülen)	410 Mrd. €
	Infrastrukturen modernisieren & ausbauen (Beschleunigung von Stromnetzen & EE; H ₂ - und CO ₂ -Infrastruktur; Straße, Schiene & Wasserstraße; Lade-/H ₂ -Tankinfrastruktur)	164 Mrd. €
	Digitalisierung offensiv voranbringen (Ausbau digitaler Infrastruktur; Unterstützung digitaler Innovation & Bildung; Digitalisierung des öffentlichen Sektors; Vereinfachung & Schutz des Datenaustauschs; KI-Offensive)	93 Mrd. €
	Verfahren beschleunigen & Bürokratie abbauen (Digitalisierung & technische Verbesserungen; Bündelung von Zuständigkeiten & Prozessen; rechtliche Vereinfachungen; Änderungen im materiellen Recht)	-
	Fachkräftelücke schließen (Ausschöpfen des Arbeitskräftepotenzials; nationale Bildungsoffensive; Förderung qualifizierter Zuwanderung; Digitalisierung & Automatisierung)	97 Mrd. €
INDUSTRIELLE BASIS SICHERN	Kritische Abhängigkeiten minimieren (Steigerung der Materialeffizienz; Verringerung von Importrisiken; Stärkung des EU-Rohstoffabbaus; Lokalisierung kritischer Produkte)	88 Mrd. €
	Industrietransformation & -dekarbonisierung unterstützen (Ausreichende Klimaschutzverträge; Ausweitung der Investitionsförderung neuer Anlagen; Entlastung industrieller Strompreise; Unterstützung der Wärmewende; grüne Leitmärkte)	35 Mrd. €
	Optionenraum für Dekarbonisierung erweitern (Entwicklung des regulatorischen Rahmens für CCUS in Deutschland und der EU; Ermöglichung breiten CCUS-Einsatzes; Schaffung gesellschaftlicher Akzeptanz für CCUS)	-
	Kreislaufwirtschaft stärken (Ausbau der Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen; Verbesserung der Qualität von Sekundärrohstoffen; Preissenkung für Sekundärrohstoffe, wo erforderlich)	4 Mrd. €
	Effektiven Carbon-Leakage-/Außenschutz herstellen (Effektiver Review des CBAM 2025; Reduktion der CBAM-Bürokratie; Schutz von Exporten; flankierende Stärkung internationaler Zusammenarbeit)	-
NEUES WACHSTUM BESCHLEUNIGEN	Nachfrage nach grünen Technologien stärken (V. a. in Antriebswende, Energiewende, Wärmewende und Molekülwende)	173 Mrd. €
	Innovation in Zukunftstechnologien fördern (Rahmen & Vision für langfristige Innovation; Stärkung des Transfers zwischen Forschung & Wirtschaft; Förderung von F & E; Mobilisierung von Wagniskapital)	130 Mrd. €
	Lokalisierung neuer Produktion anreizen (V. a. gezielte Förderung durch direkte Subventionierung & Steueranreize; qualitative Lokalisierungskriterien)	112 Mrd. €
	Fairen Freihandel ausbauen (Vereinfachung von Freihandelsabkommen; Abschluss neuer Freihandelsabkommen; Anpassung von Freihandelsabkommen an veränderte Güter)	-
Finanzierung als Zukunftspakt verstehen		~ 1.430 Mrd. €¹

1. Inkl. 126 Mrd. € zur Dekarbonisierung weiterer Sektoren (siehe Abbildung 9)

Rund 1,4 Bio. Euro Mehrinvestitionen bis 2030

ABBILDUNG 9 | Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 für die Transformation der deutschen Industrie

Kumulierte Mehrinvestitionen 2024 – 2030
(in Mrd. € real 2023)

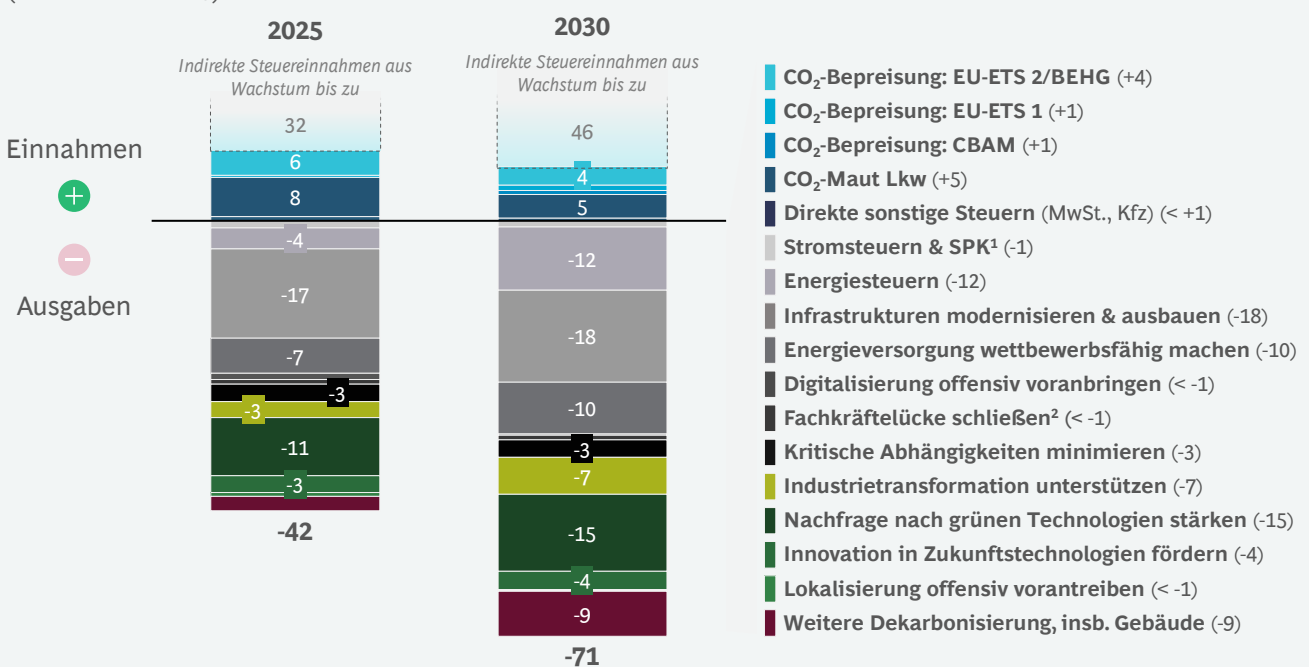


Quelle: Analyse BCG und IW

Über 70 Mrd. Euro fiskalische Mehrbelastung in 2030

ABBILDUNG 10 | Fiskalische Mehrbelastung für die deutsche Industrietransformation in 2025 und 2030

Fiskalische Belastung im Vergleich zu 2023
(in Mrd. € real 2023)



1. Strompreiskompensation 2. Ausschließlich Bildungsausgaben des Bundes inkludiert | Hinweis: Abgerufene KTF-Förderungen in 2023 größtenteils durch ETS-/BEHG-Einnahmen gedeckt, daher Effekt durch Sondervermögen nicht separat dargestellt; indirekte Steuereinnahmen auf Basis von Oxford Economics modelliert und in Summen nicht eingerechnet | Quelle: Oxford Economics; Analyse BCG und IW

den. Gleichzeitig sind höhere öffentliche Ausgaben zur Mobilisierung mancher privaten Investitionen nötig, beispielsweise die Unterstützung von Unternehmen bei der Transformation und das Anreizen heimischer Nachfrage nach grünen Technologien. Insgesamt reißen diese Ausgaben im Jahr 2030 eine fiskalische Lücke von über 70 Mrd. Euro – noch vor Berücksichtigung weiterer finanzieller Verpflichtungen wie der notwendigen Erhöhung der Verteidigungsausgaben. Allerdings wird ein Teil dieser Ausgaben durch steigende öffentliche Einnahmen ausgeglichen, da ein Investitionsprogramm in diesem Umfang zusätzliches Wirtschaftswachstum auslösen wird.

Diese Finanzierungsbedarfe sind enorm, aber nicht ohne Vorbild. 1,4 Bio. Euro Mehrinvestitionen entsprechen auf jährlicher Basis knapp 5 % des deutschen BIP. Davon sind bis 2030 insgesamt rund 460 Mrd. Euro durch die öffentliche Hand zu investieren (1,6 % des BIP) – was vergleichbar ist mit dem Mitteleinsatz des Marshall-Plans (1,3 % des BIP) und direkten Hilfen für den Aufbau Ost (1,0 % des BIP).

Die Schließung dieser Finanzierungslücke ist möglich – wird jedoch zu einer (Mehr-)Generationenaufgabe, die alle Bereiche der Gesellschaft miteinbeziehen sollte. Sie sollte alle heutigen Einspar-, Priorisierungs- und Finanzierungsoptionen ausschöpfen – wird darüber hinaus aber auch neue Schuldenaufnahme erfordern, zum Beispiel in Form neuer Sondervermögen.

Der Industriestandort Deutschland steht vor Jahren der Entscheidung – gelingt die Transformation?

Der Industriestandort Deutschland steht am Scheideweg. Die Energiekrise war für die deutsche Industrie ein ökonomischer Schock, durch den vor allem in energieintensiven Branchen die Produktion deutlich eingebrochen ist. Neben hohen Energiekosten steht Deutschland jedoch vor einer Reihe weiterer struktureller Herausforderungen, die die Substanz des deutschen Industriestandorts fundamental bedrohen. Die Polykrise trifft das Land nach zwei Jahrzehnten des Aufschwungs weitgehend unvorbereitet.

Deutschland hat es versäumt, die Dividende zweier Jahrzehnte des Aufschwungs mit Weitsicht einzusetzen. Zukunftsorientierte Investitionen in Bildung und Forschung, der ausreichende Ausbau erneuerbarer Energien, die Modernisierung der Infrastrukturen oder die Digitalisierung wurden zu zaghaft angegangen. Im Ergebnis hat der Industriestandort erheblich an Wettbewerbsfähigkeit eingebüßt. Gleichzeitig wurden in zentralen Industriesektoren wichtige Weichenstellungen für Technologiewandel und neues Wachstum versäumt.

Ohne entschlossenes Gegensteuern droht Deutschland ein Szenario schleichender Deindustrialisierung, in dem energieintensive Industriesektoren ihre Produktion nach und nach an andere Standorte verlagern, die Automobilindustrie bei der Elektromobilität deutlich an Weltmarktanteilen verliert und deutsche Unternehmen bei Zukunftstechnologien ins Hintertreffen geraten.

Dieses Szenario ist jedoch nicht unausweichlich. Deutschland ist nach wie vor ein Land der Ideen mit exzellenter Ingenieurskompetenz und verlässlicher Spitzentechnologie, die in den kommenden Dekaden mehr denn je benötigt werden – vor allem für die Bewältigung der globalen Klimatransformation.

Deutschland muss „sich in die Zukunft investieren“. Den deutschen Industriestandort für neues Wachstum aufzustellen, das erfordert eine grundlegende Transformation, die weit über eine bloße Verbesserung der heimischen Standortbedingungen hinausgeht. Um seine Industrie für die kommenden Dekaden aufzustellen, braucht Deutschland eine Multi-Transformation als Antwort auf die strukturelle Polykrise – die es gemeinsam mit und für Europa entwickeln muss. Deutschland und Europa benötigen eine starke industriepolitische Agenda.

Die hier aufgezeigten Transformationspfade sind ein Vorschlag für eine solche industriepolitische Agenda. Im Kern steht das Zielbild eines technologiestarken, industriell weiterhin breit aufgestellten Industrielandes auf dem Weg zur Klimaneutralität – mit einer Kombination aus innovativen Heimatmärkten mit starker lokaler Wertschöpfung und einem weiterhin hohen Exportniveau. Wenn diese Transformation gelingt, kann sich Deutschland an die Spitze einer Entwicklung setzen, die langfristig weltweit geschehen muss. Die deutsche Industrie kann damit auch in den kommenden Dekaden ein Wachstumstreiber sein und ihre bisherige Erfolgsgeschichte fortschreiben.





Der Industriestandort Deutschland fällt zurück

Der Industriestandort Deutschland verliert strukturell an Wettbewerbsfähigkeit. Die deutsche Industrie spielt eine herausragende Rolle für die wirtschaftliche Stärke Deutschlands und leistet mit rund 20 % der Bruttowertschöpfung einen erheblich größeren Beitrag für den Wohlstand des Landes als in den meisten anderen entwickelten Volkswirtschaften. Allerdings lässt die Wachstumsdynamik der Industrie aktuell spürbar nach. Die seit der Energiekrise gestiegenen Energiekosten haben traditionelle Kostennachteile deutscher Unternehmen bei Lohnkosten, Steuern und Abgaben in einem Maße verschärft, das bisherige Stärken wie hohe Produktivität, Innovationskraft und Stabilität nicht mehr kompensieren können. Zudem setzen neue strukturelle Herausforderungen, wie ein zunehmender Fachkräftemangel und die Destabilisierung globaler Lieferketten, Unternehmen immer stärker unter Druck. Gleichzeitig löst die Klimawende weiterhin keine ausreichenden Investitionen in grüne Energieträger und Infrastrukturen aus – trotz ambitionierter Zielsetzungen und deutlicher regulatorischer Fortschritte. Im Gegensatz zu vielen Krisen der letzten Jahrzehnte ist ein Großteil der aktuellen Herausforderungen struktureller Natur. Ohne entschiedenes Gegensteuern ist keine grundlegende Verbesserung der Rahmenbedingungen für den deutschen Industriestandort absehbar.

1.1 Die Industrie ist mit einem Fünftel der deutschen Wertschöpfung eine zentrale Säule des Wirtschaftsstandorts Deutschland

Die deutsche Industrie spielt eine herausragende Rolle für die wirtschaftliche Stärke und den Wohlstand Deutschlands. Mit rund 20 % der Bruttowertschöpfung¹ und einem knappen Viertel des Bruttoinlandsprodukts leistet sie einen unverzichtbaren Beitrag zur wirtschaftlichen Leistung des Landes.² Der Sektor hat über Jahrzehnte Weltmarktführer in fast allen industriellen Sparten hervorgebracht – von Grundstoffen wie Chemie und Stahl bis zu komplexen Industrie- und Konsumgütern wie Autos, industriellen Anlagen oder Pharmazeutika. Im Vergleich zu anderen entwickelten Volkswirtschaften ist Deutschland auch deswegen weiterhin industrieller geprägt. So ist der Anteil der Industriewertschöpfung im EU-Durchschnitt mit rund 16 % um etwa ein Viertel geringer und liegt in den USA mit knapp 12 % nur etwa halb so hoch (siehe Abbildung 11).

Das produzierende Gewerbe ist ein zentraler Arbeitgeber für hochqualifizierte Fachkräfte. Es beschäftigt rund 27 % aller Erwerbstätigen in Deutschland – gegenüber rund 32 % in China, 25 % im Rest Europas und rund 19 % in den USA (siehe Abbildung 11).³ Indirekt hängen zusätzliche 13 % der deutschen Arbeits-

¹ OECD (2022).

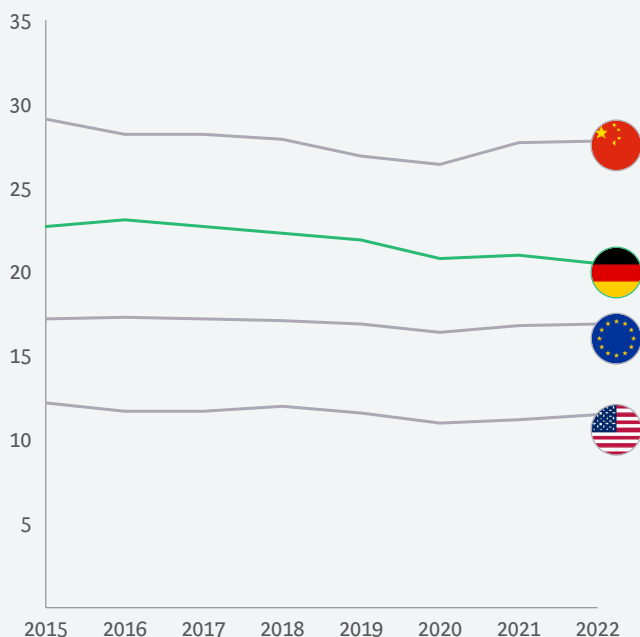
² Darüber hinaus löst die deutsche Industrie über den Bezug von externen Dienstleistungen (z. B. Ingenieurdienstleistungen, Logistik) eine Verbundwertschöpfung von zusätzlich 12,9 % (2022) der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung aus.

³ Produzierendes Gewerbe inkl. Baubranche.

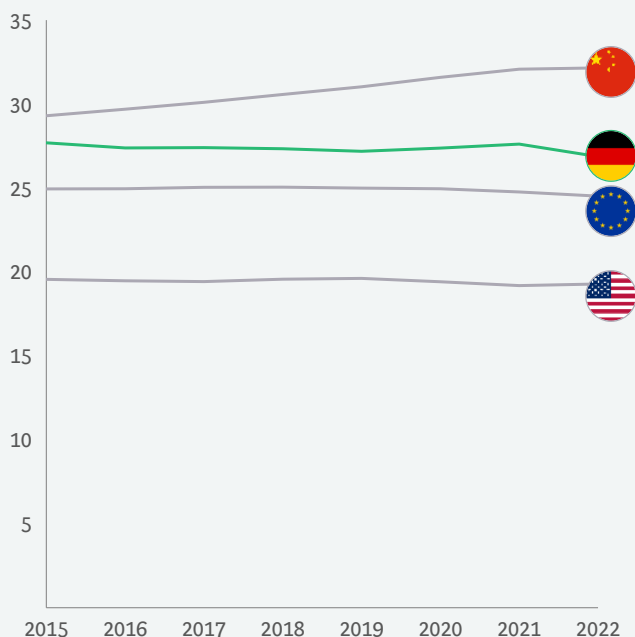
Die Industrie ist essenziell für Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland

ABBILDUNG 11 | Wertschöpfungs- und Erwerbstätigenanteil des verarbeitenden/produzierenden Gewerbes

Wertschöpfungsanteil des verarbeitenden Gewerbes an der Gesamtwirtschaft (in %)



Beschäftigungsanteil des produzierenden Gewerbes¹ an der Gesamtbeschäftigung (in %)



1. Produzierendes Gewerbe inkl. Bau

Quelle: OECD (2022); Bureau of Economic Analysis (2023); Worldbank; International Labour Organization (ILO); Analyse BCG und IW

plätze von der inländischen Industrie ab. Beschäftigte in der Industrie sind dabei überdurchschnittlich qualifiziert, überdurchschnittlich gut bezahlt und im internationalen Vergleich überdurchschnittlich produktiv.

Deutsche Industrieprodukte sind auch auf dem Weltmarkt gefragt. Deutsche Unternehmen genießen international einen sehr guten Ruf und sind auch deswegen auf dem Weltmarkt erfolgreich. Hohe Technologiekompetenz, Innovation und hochentwickelte, spezifizierte Wertschöpfungsverbünde sind wichtige Faktoren dafür. Zwar hat Deutschland den inoffiziellen Titel als „Exportweltmeister“ vor einiger Zeit an China verloren. Dennoch erwirtschaftete die Industrie allein im Jahr 2023 mit Ausfuhren immer noch einen Umsatz von rund 1,15 Bio. Euro.⁴

1.2 Die Wachstumsdynamik der Industrie hat in den letzten Jahren deutlich nachgelassen

Seit der Energiekrise steht die deutsche Industrie unter erheblichem Druck – insbesondere die Produktion der energieintensiven Branchen ist eingebrochen. Massiv gestiegene Gas- und Strompreise haben vor allem die energieintensive Grundstoffproduktion deutlich getroffen: Seit 2021 ist ihre Produktion um fast 20 % gesunken und liegt aktuell nach wie vor unter dem niedrigsten Punkt der Coronakrise (siehe Abbildung 12). Auch das gesamte Produktionsniveau im verarbeitenden Gewerbe ist noch heute niedriger als 2019. In den ersten Monaten des Jahres 2024 konnte ein weiterer Rückgang zwar gestoppt werden, jedoch ist derzeit keine Kehrtwende in Richtung früherer Produktionsniveaus erkennbar. Deutschland droht ein längeres Szenario mit industriellen Standortverlagerungen und Deindustrialisierung.⁵

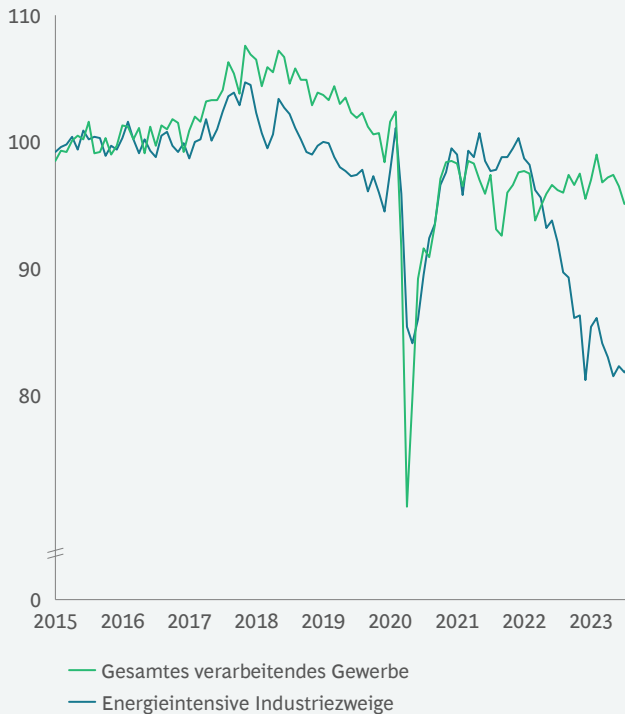
⁴ Destatis (2024).

⁵ Allerdings ist die Produktivitätsentwicklung im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland, aber auch in der EU positiv und stärker als in den USA und Japan, deren Wachstumsraten in den letzten fünf Jahren negativ waren. Hintergrund dafür ist, dass die hiesige Industrie weniger profitable Produktionen eingestellt oder ins Ausland verlagert hat.

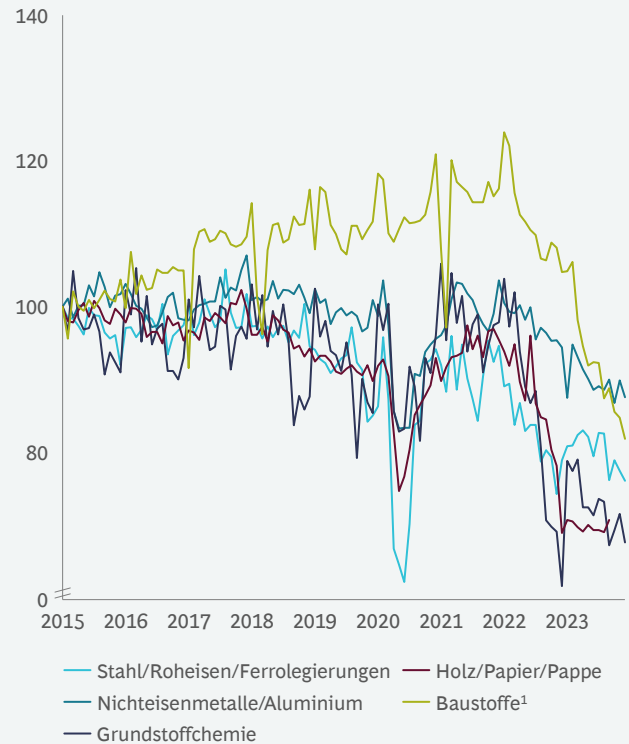
Die energieintensive Produktion ist seit der Energiekrise besonders unter Druck

ABBILDUNG 12 | Produktionsentwicklung und Kapitalstockentwicklung im verarbeitenden Gewerbe nach Branchen

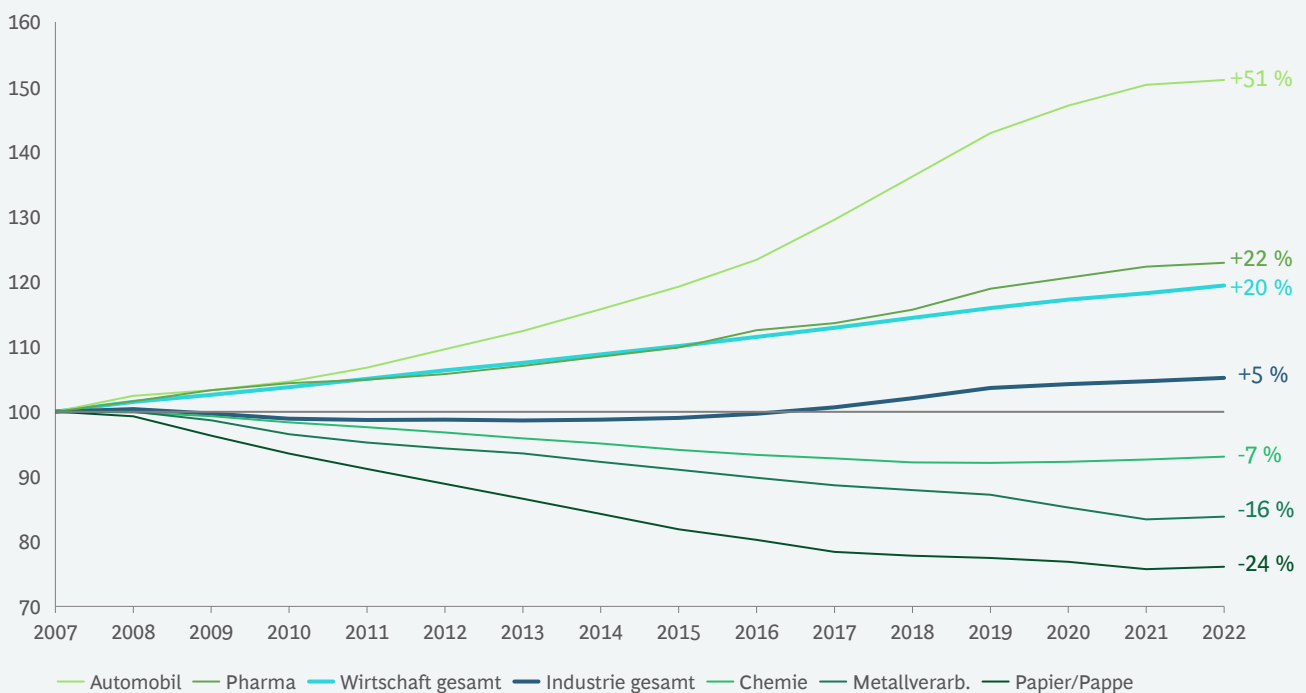
Produktionsindex des gesamten verarbeitenden Gewerbes gegenüber energieintensiven Industriezweigen
(2015 – 2024, 2015 = 100)



Produktionsindex der energieintensiven Industriezweige
(2015 – 2024, 2015 = 100)



Entwicklung des Kapitalstocks
(2007 – 2022, 2007 = 100)



1. Basierend auf WZ08-23.6
Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Analyse BCG und IW

Die Krise der Industrie trübt auch Deutschlands wirtschaftliche Perspektive insgesamt. Auch aufgrund des ausbleibenden Industriewachstums wird für Deutschland für das Jahr 2024 aktuell nur ein sehr moderater BIP-Zuwachs von 0,2 % prognostiziert, was lediglich etwa einem Viertel des durchschnittlichen Wachstums im Euroraum entspricht.⁶ Damit droht Deutschland einerseits immer mehr Marktanteile an internationale Wettbewerber zu verlieren – und andererseits auf absehbare Zeit als Wachstumsmotor Europas auszufallen.

Gleichzeitig sind Investitionen in den Industriestandort in den letzten Jahren zurückgegangen. Die privaten Bruttoinvestitionen im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt sind seit 1990 in Deutschland von knapp 16 % auf aktuell rund 12 % gesunken. Zeitgleich stiegen diese beispielsweise in Frankreich, Schweden oder den USA deutlich an und liegen dort mittlerweile bis zu vier Prozentpunkte über jenen Deutschlands. Auch die staatliche Bruttoinvestitionsquote ist trotz eines leichten Anstiegs seit 2015 deutlich niedriger als in anderen Industrienationen. Dies spiegelt sich ebenso in Deutschlands Kapitalstock wider: Im internationalen Vergleich liegt der jährliche Anstieg hier ebenfalls deutlich unter dem der drei Vergleichsländer (siehe Abbildung 12 für die Entwicklung je Sektor sowie Abbildung 109 und Kapitel 6.1 zur Gesamtperspektive).

⁶ SVR (2024).

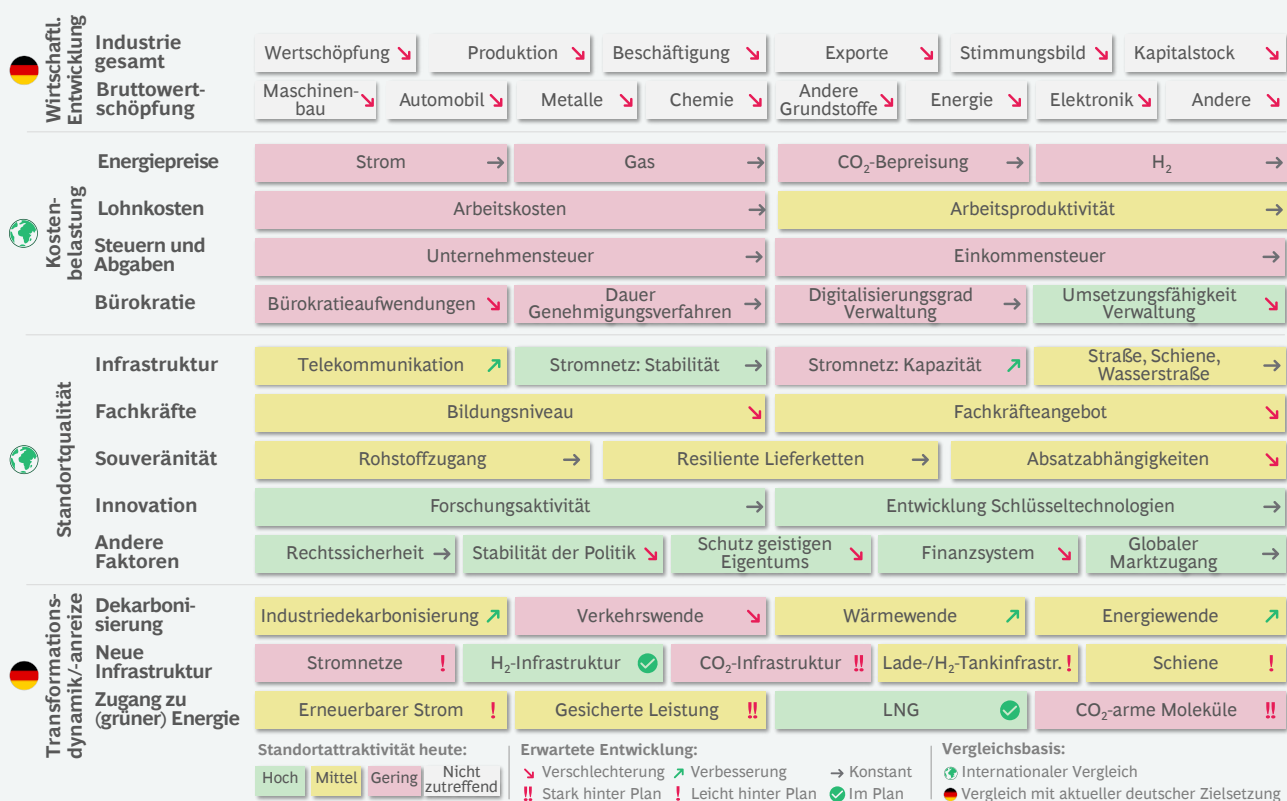
1.3 Der deutsche Industriestandort verliert an Wettbewerbsfähigkeit

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen am Industriestandort Deutschland haben sich merklich verschlechtert. Die durch die Energiekrise gestiegenen Energiekosten haben eine ohnehin schon signifikante Belastung aus Lohnkosten, Bürokratie, Steuern und Abgaben für deutsche Industrieunternehmen in der Breite verschärft – und schmälern die Standortattraktivität Deutschlands massiv. Gleichzeitig setzen neue strukturelle Herausforderungen, wie ein zunehmender Fachkräftemangel, Defizite in vielen Bereichen der Infrastruktur und die Destabilisierung globaler Lieferketten, Unternehmen immer stärker unter Druck. Traditionelle Stärken wie eine weiterhin hohe (allerdings stagnierende) Produktivität, starke Innovationskraft und stabile Rahmenbedingungen können diese Nachteile nicht mehr kompensieren.

Gleichzeitig stockt die zwingend erforderliche Klimatransformation: Sowohl der Aufbau neuer Infrastrukturen (Strom-, Wasserstoff- und CO₂-Netze, Lade- und H₂-Tankinfrastruktur, Schiene, Fernwärme) als auch der Zugang zu grüner Energie (erneuerbarer Strom, gesi-

Der Industriestandort Deutschland fällt in immer mehr Bereichen strukturell zurück

ABBILDUNG 13 | Übersicht wesentlicher Standortindikatoren für die deutsche Industrie heute und in Zukunft



Quelle: Analyse BCG und IW

cherte Leistung, CO₂-arme Moleküle) liegen trotz erheblicher regulatorischer Fortschritte massiv hinter der Planung zurück (siehe Abbildung 13⁷).

1.3.1 Die Energiekrise hat den Kosten- nachteil des Industriestandorts Deutsch- land massiv verschärft

Die Energiekrise im Zuge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine hat die Energiekosten für die gesamte Industrie in Deutschland deutlich ansteigen lassen. Im Jahr 2019, vor Beginn der Verknappung russischer Gaslieferungen an Deutschland, lag der durchschnittliche Day-ahead-Großhandelspreis für Gas bei etwa 18 €/MWh und der Großhandelspreis für Strom bei knapp 38 €/MWh. Im Jahr 2022, also im Jahr des

Kriegsausbruchs, vervielfachten sich diese Preise auf durchschnittlich 130 €/MWh bzw. 235 €/MWh, d. h. um den Faktor sieben bzw. sechs.⁸ Zwar haben sich die Preise seitdem wieder deutlich stabilisiert, Deutschland wird aber auch zukünftig vom LNG-Markt abhängig und somit auch dem Risiko erhöhter Preise sowie strukturellen Preisschwankungen ausgesetzt sein. Darüber hinaus werden Unternehmen durch steigende CO₂-Preise am EU-ETS zusätzlich belastet.

Die Gaspreise für deutsche Unternehmen liegen um den Faktor drei bis fünf höher als für große globale Wettbewerber. Zahlten Unternehmen 2019 in Deutschland noch in etwa vergleichbare Preise wie in China und nur etwas höhere Preise als US-amerikanische Unternehmen, hat sich mit der Energiekrise eine deutliche Lücke aufgetan.⁹ Da Deutschland auf absehbare Zeit von (höheren) Preisen am internationalen

⁷ Abbildung 13 liegen über 100 Standortindikatoren mit dezidierten Analysen und internationalen Vergleichen zugrunde (z. B. für den Indikator „Straße, Schiene, Wasserstraße“ u. a. Schienennetzwerkdichte, Schienenelektrifizierung, Effizienz im Bahnverkehr, Zugverspätungen, Straßenqualitätsindex, Geschwindigkeit zwischen Städten, Erneuerungsbedarf an Wasserstraßen-Anlagen nach Bundesverkehrswegeplan). Mit Blick auf den Umfang der Studie wird hier nur eine Auswahl dieser Analysen gezeigt.

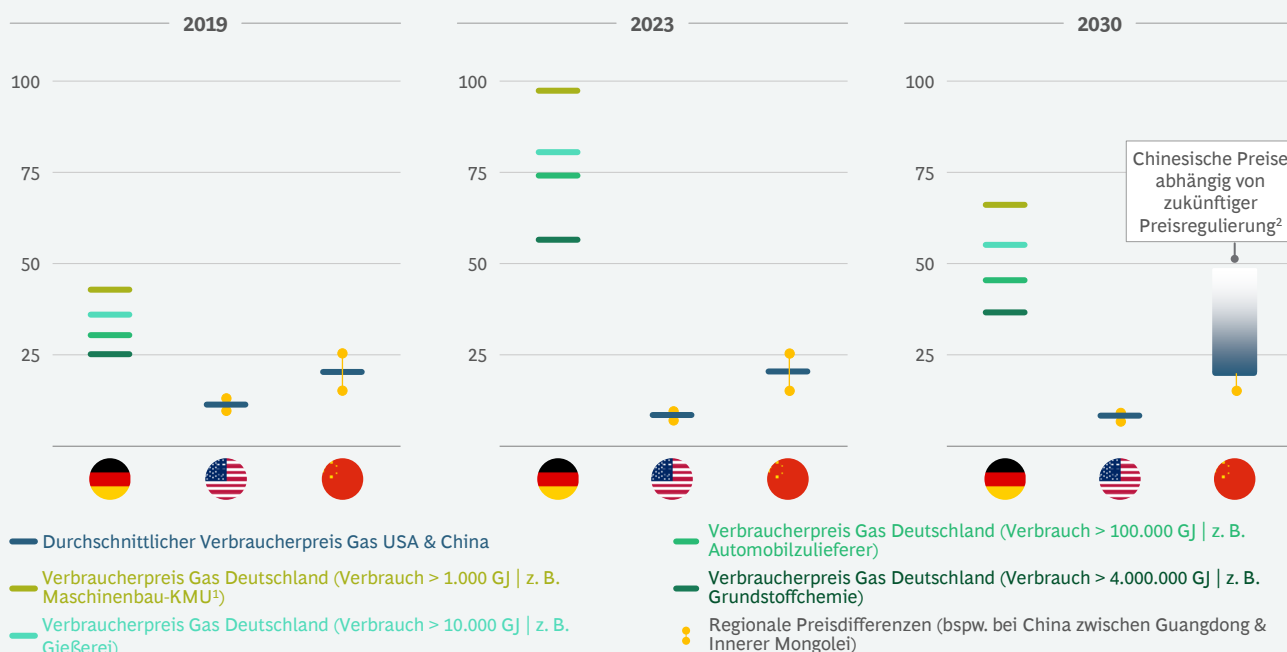
⁸ BnetzA (2024).

⁹ Die Auswahl der Vergleichsländer basiert auf der Relevanz im internationalen Wettbewerb für Deutschland. China und die USA wurden als Hauptvergleichsländer herangezogen, da sie starke Konkurrenten in der Industrie und in Zukunftsmärkten darstellen. Zusätzlich wurden, je nach Relevanz, weitere Länder für spezifische Vergleiche berücksichtigt, bspw. europäische Länder für regionale Vergleiche bei Energiepreisen und Sektoren, die im lokalen Wettbewerb stehen, oder Länder im Nahen Osten für den bevorstehenden Wettbewerb in spezifischen Sektoren. Die Jahre 2019, 2023 und 2030 wurden als Vergleichsbasis gewählt: 2019 als letztes Vorkrisenjahr (vor Corona- und Energiekrise), das letzte abgeschlossene Jahr 2023 als Status quo und 2030 als mittelfristiger Ausblick.

Deutsche Gaspreise bleiben höher als bei globalen Wettbewerbern

ABBILDUNG 14 | Gaspreise verschiedener industrieller Verbraucher nach Ländern 2019, 2023 und 2030

(In €/MWh real 2023)

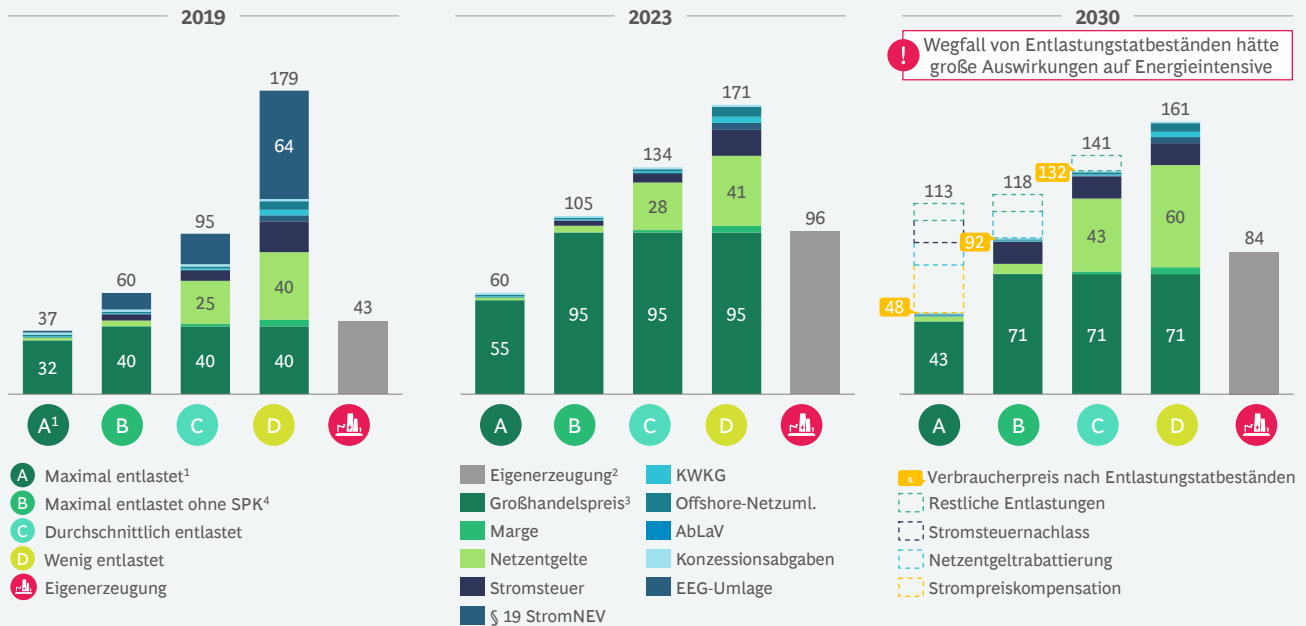


1. KMU = Kleine und mittelständische Unternehmen 2. China bezieht signifikante Mengen auf dem LNG-Weltmarkt, jedoch könnten die Preise auch 2030 aufgrund der Nähe zu Russland sowie von Langfristverträgen und Quersubventionierung deutlich unter dem Spotpreis liegen
Hinweis: Preise in den USA beziehen sich auf Texas, Bandbreite in China basiert auf Preisen in Guangdong und Innerer Mongolei
Quelle: Eurostat (2023); Aurora Energy Research (2023); EIA (2023), Henry Hub (2023); World Energy Outlook (2023); Wind (2023); Analyse BCG und IW

Industrielle Strompreise bleiben langfristig über Vorkrisenniveau

ABBILDUNG 15 | Strompreise verschiedener industrieller Verbraucher in Deutschland 2019, 2023 und 2030

(In €/MWh real 2023)



1. Informationen zu den Verbrauchertypen sind im Appendix zu finden 2. Annahme einer 50-MW-Gas-KWK in Deutschland inkl. KWKG-Förderung 3. Spotmarkt-Großhandelspreis in Deutschland, falls zutreffend abzgl. Stromkostenkompensation 4. SPK – Strompreiskompensation: Im Jahr 2030 mit berechtigtem CO₂-Preis von 85 €/tCO₂ konservativ berechnet
Hinweis: Szenario unter Annahme aktueller Regulierung, Preisbildungsmechanismen planmäßigen Netzaus- und Kraftwerksbaus
Quelle: Aurora Energy Research (2023); EEX (2024); Analyse BCG und IW

LNG-Spotmarkt abhängig ist, liegen die Preise jetzt um knapp den Faktor drei über China¹⁰ und den Faktor fünf über den USA. Bis 2030 wird sich diese Lücke zwar nach aktuellen Prognosen wieder etwas schließen. Eine Rückkehr zu vergleichbaren Gaspreisen ist allerdings bisher nicht erkennbar (siehe Abbildung 14).

Auch deutsche Strompreise sind für fast alle Unternehmen im internationalen Vergleich nicht mehr wettbewerbsfähig. Industrielle Verbraucher zahlen in Deutschland sehr unterschiedliche Strompreise. Diese reichen von derzeit ca. 59 €/MWh für maximal entlastete Unternehmen (z. B. in der Aluminiumproduktion) bis zu ca. 171 €/MWh für Unternehmen mit geringer Strompreisentlastung (z. B. im Fahrzeugbau).¹¹ Trotz dieser Entlastungen stiegen die Strompreise durch die Energiekrise deutlich an, vor allem getrieben durch (häufig preissetzendes) teureres Erdgas. Je nach Verbrauchergruppe lagen sie im Jahr 2023 um 60 – 75 %

höher als noch 2019 (siehe Abbildung 15). Im Vergleich zu Wettbewerbern in China und den USA schulterten deutsche Unternehmen damit Mehrkosten von ca. 30 €/MWh bis 100 €/MWh (siehe Abbildung 16). Mit der Stabilisierung der Gasmärkte sind die Großhandelspreise zwar bereits 2024 wieder gefallen und werden aktuellen Prognosen zufolge auch danach weiter zurückgehen. Die von den Verbrauchern zu tragenden Strompreise werden jedoch durch Transformationsmaßnahmen wie den fortlaufenden Netzausbau teurer. Daher werden deutsche Unternehmen perspektivisch auch künftig höhere Mehrkosten zu tragen haben. Bis 2030 könnten zumindest sehr stromintensive Industrieunternehmen wieder wettbewerbsfähige Strompreise erhalten – das setzt allerdings voraus, dass sich die Situation am Gasmarkt tatsächlich wie vorhergesagt entspannt, die Beschleunigung sowie Synchronisation des Ausbaus von Erneuerbaren, Netzen, Speichern und gesicherter Leistung tatsächlich erfolgen, und Ausnah-

¹⁰ Gaspreise in China unterliegen einer Unsicherheit und könnten auch deutlich höher ausfallen, da zu einem großen Anteil LNG auf dem Weltmarkt eingekauft wird. China kann auf günstige Langfristverträge zurückgreifen und steht in einem guten Verhältnis zu Russland, weshalb potenzielle Erweiterungen des Handels zwischen diesen Nationen als wahrscheinlich gelten und so günstiges Gas nach China fließen kann. Darüber hinaus konnte China während der Energiekrise nicht benötigtes Gas (aufgrund des Konjunkturreinbruchs) zu sehr hohen Preisen auf dem Weltmarkt weiterverkaufen und somit die Preise lokal stabil halten. Perspektivisch ist ein deutlich geringerer Verbraucherpreis als in Europa möglich – auch bspw. über staatliche Eingriffe.

¹¹ Damit trägt der Regulator der unterschiedlichen Stromintensität verschiedener Sektoren Rechnung und gewährt eine Reihe von Entlastungstatbeständen, etwa durch eine Reduktion von Netzentgelten oder die Strompreiskompensation (siehe Abbildung 112 im Appendix mit einer Übersicht der verschiedenen Verbrauchergruppen und Entlastungen). Für mehr Details siehe BDI, BCG und IW (2023).

meregelungen (z. B. die Strompreiskompensation inkl. Supercap, reduzierte Netzentgelte, Stromsteuerabsenkung) auch in und nach 2030 weiter gelten. Bei bestehenden Entlastungen gibt es jedoch aktuell Unsicherheiten über ihren Fortbestand, während gleichzeitig steigende Stromnetzkosten erwartet werden. Insbesondere ein Wegfall der Netzentgeltrabattierung würde deutliche Mehrkosten bedeuten (siehe Kapitel 5.1.1 und Abbildung 74).¹² Für Unternehmen mit geringeren Entlastungen öffnet sich die Schere im internationalen Vergleich noch weiter.¹³ Insbesondere Unternehmen ohne oder mit geringen Entlastungen zahlen im Jahr 2030 daher bis zu dreimal so viel für Strom wie Wettbewerber in China und den USA.

Steigende CO₂-Preise erhöhen die Kostenbelastung für die meisten Unternehmen weiter. Industrielle Verbraucher sind bereits heute über den Emissionshandel der EU und nationale CO₂-Bepreisung aus dem BEHG durch CO₂-Kosten belastet. Zwar ist die Belastung je Unternehmen und Sektor unterschiedlich, im Durchschnitt zahlen Unternehmen aber bereits heute effektive CO₂-Preise von im Durchschnitt etwa 12 €/t CO₂ (in einer Bandbreite von 0 – 45 €/t CO₂) – eine Belastung, die Wettbewerber aus den USA und China nicht schultern müssen.¹⁴ Hinzu kommt eine indirekte Belastung durch die CO₂-Bepreisung im Energiesektor im Rahmen des EU-ETS, die sich in entsprechend höheren Strompreisen widerspiegelt. Mehrere Effekte werden in den kommenden Jahren dafür sorgen, dass dieser Kostennachteil für Unternehmen deutlich steigt.

¹² Vor allem durch den Wegfall der Netzentgeltrabattierung nach § 19 StromNEV (siehe Kapitel 5.1.1).

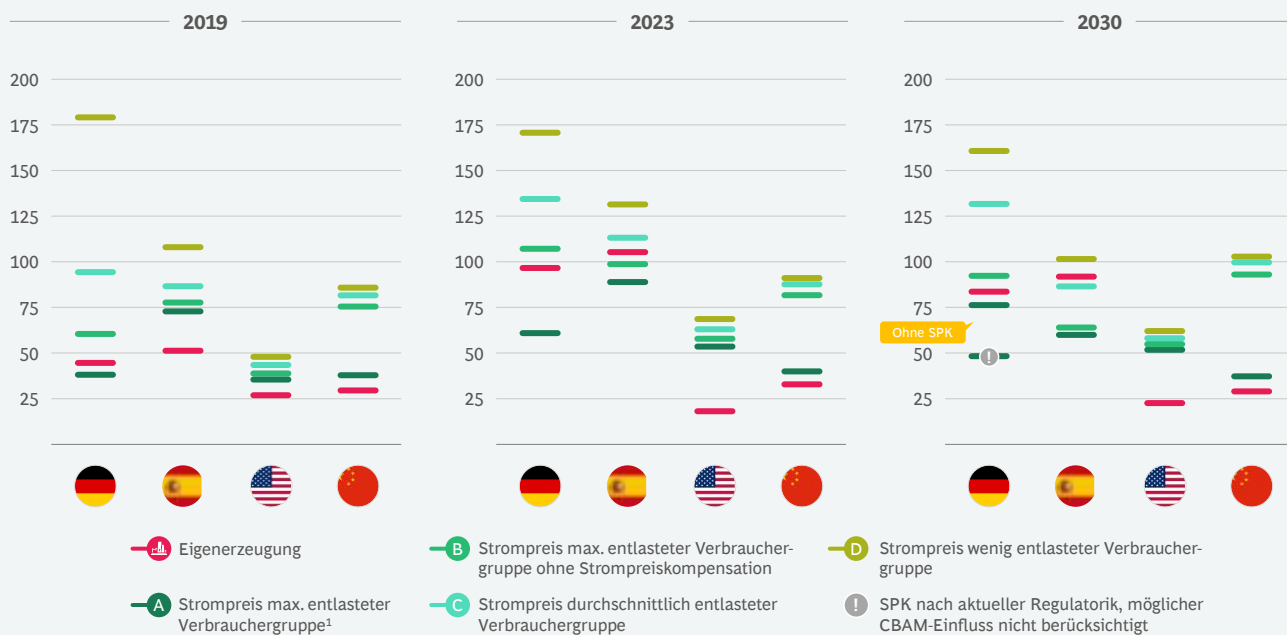
¹³ Die beschlossene Absenkung der Stromsteuer bis 2025 mit möglicher Verlängerung bis 2028 kompensiert steigende Stromkosten zwar in der Breite, aber nur zu einem Teil und gibt deswegen kaum Sicherheit für Investitionen. Darüber hinaus können bei besonders wärmeintensiven Unternehmen die Nachteile durch den Wegfall des Energiesteuerspitzenausgleichs auf Gaspreise die Effekte des Strompreispakets überwiegen.

¹⁴ In Deutschland unterliegen industrielle Verbraucher zwei unterschiedlichen CO₂-Preismechanismen: dem EU-ETS (Emissionshandelssystem der Europäischen Union), das für Energieumwandlungs- und Industrieanlagen sowie Luftfahrzeugbetreiber und Schifffahrtsunternehmen europaweit gilt, und dem BEHG (Brennstoffemissionshandelsgesetz), das in Deutschland die Inverkehrbringer von Kraft- und Brennstoffen dazu verpflichtet, Zertifikate zu erwerben (sog. Upstream-Emissionshandel). Sie zahlen also für die Emissionen, die durch das spätere Verbrennen der fossilen Brennstoffe durch die Endverbrauchenden entstehen, und kostenseitig weitergegeben werden (entsprechend sind alle weiteren fossilen Endanwendungen betroffen: Industrie, Verkehr etc.). Der EU-ETS-1-Preis lag 2023 bei etwa 80 – 85 €/t CO₂, während der BEHG-Preis bei 30 €/t CO₂ lag. Effektiv zahlten industrielle Verbraucher jedoch weniger, da sie berechtigt sind, im EU-ETS kostenlose Zuteilungen bzw. im BEHG Beihilfen zu erhalten. So liegt die Bandbreite der effektiv gezahlten Preise im EU-ETS abhängig von der jeweiligen Industrie bei etwa 0 – 45 €/t CO₂, mit einem durchschnittlich gezahlten CO₂-Preis von etwa 12 €/t CO₂. Auch die Beihilfen im BEHG schwanken, wodurch industrielle Verbraucher Preise von etwa 10 – 30 €/t CO₂ zahlen – durchschnittlich entlastete Unternehmen zahlen ~ 13 €/t CO₂.

Strompreise sind für die meisten Verbraucher auch 2030 nicht wettbewerbsfähig

ABBILDUNG 16 | Strompreise verschiedener industrieller Verbraucher nach Ländern 2019, 2023 und 2030

(In €/MWh real 2023)



1. Informationen zu den Verbrauchertypen sind im Appendix zu finden

Hinweis: Zu China: Innere Mongolei als Vergleichsregion für maximal entlastete Verbraucher sowie 70 % Eigenerzeugung angenommen, Guangdong für weitere Verbrauchergruppen ohne Eigenerzeugung; USA: Texas als Vergleichsregion für alle Verbrauchergruppen; unter Annahme aktueller Preissetzungsmechanismen
Quelle: Aurora Energy Research (2023); EEX (2024); Eikon (2023); Analyse BCG und IW

Zum einen werden die verfügbaren Zertifikate Jahr für Jahr verknappt, was die Preise am Markt kontinuierlich erhöhen dürfte. Gleichzeitig sinkt die Zuteilung freier Emissionsrechte für ETS-pflichtige Anlagen deutlich, wodurch sich die Kostenbelastung für Unternehmen erhöht. Der Effekt des geplanten Ersatzes des deutschen BEHG durch einen europäischen Mechanismus (EU-ETS 2) ist mangels konkreter Ausgestaltung aktuell noch schwer vorherzusagen. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass dieser ebenfalls zu steigenden Belastungen führt. Zwar soll ab 2026 der CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) den entstehenden Kostennachteil für europäische Unternehmen in zunächst sechs Branchen durch eine CO₂-Bepreisung von Importen ausgleichen. Der CBAM deckt jedoch nicht annähernd alle betroffenen Branchen ab¹⁵, er bietet keinen Schutz für das teilweise beträchtliche

Exportgeschäft vieler Branchen und belastet die Downstream-Wertschöpfungskette in Europa. Darüber hinaus birgt die aktuelle Ausgestaltung noch nicht gelöste methodische und administrative Probleme¹⁶ – daher ist bisher unklar, ob der CBAM den Kostennachteil effektiv ausgleichen kann. Aktuelle Prognosen rechnen im Jahr 2030 mit einem durchschnittlichen EU-ETS-1-Preis von etwa 120 €/t CO₂¹⁷, woraus je nach Branche eine effektive Kostenbelastung von 12 – 75 €/t CO₂ entsteht. Eine Aussage über den effektiven EU-ETS-2-Preis ist nach heutigem Stand deutlich schwerer zu treffen. Für 2024 und 2025 hat die Bundesregierung einen Preis in Höhe von 45 € bzw. 55 € respektive festgelegt.¹⁸ Perspektivisch wird eine Bandbreite von 45 bis 150 €/t CO₂ angenommen¹⁹ – als wahrscheinliches Szenario gilt aktuell ein politisch gesetzter Preis von etwa 60 – 80 €/t CO₂ im Jahr 2030.²⁰

¹⁵ Aktuell befindet sich der CBAM noch in der sogenannten Übergangsphase, in der im ersten Schritt Berichtspflichten für Düngemittel (inkl. Ammoniak, Salpetersäure), Zement, Eisen, Stahl, Aluminium, elektrische Energie und Wasserstoff gelten. Ab Januar 2026 treten dann auch finanzielle Verpflichtungen bzw. die Notwendigkeit zum Erwerb von CBAM-Zertifikaten für einführende Unternehmen in Kraft.

¹⁶ Wie z. B. eine international anerkannte Berechnung des CO₂-Fußabdrucks, WTO-Kompatibilität, Ressourcenumverteilung, Gegenzölle und andere Herausforderungen (siehe Kapitel 5.2.4.).

¹⁷ Aurora Energy Research (2024); BloombergNEF (2024).

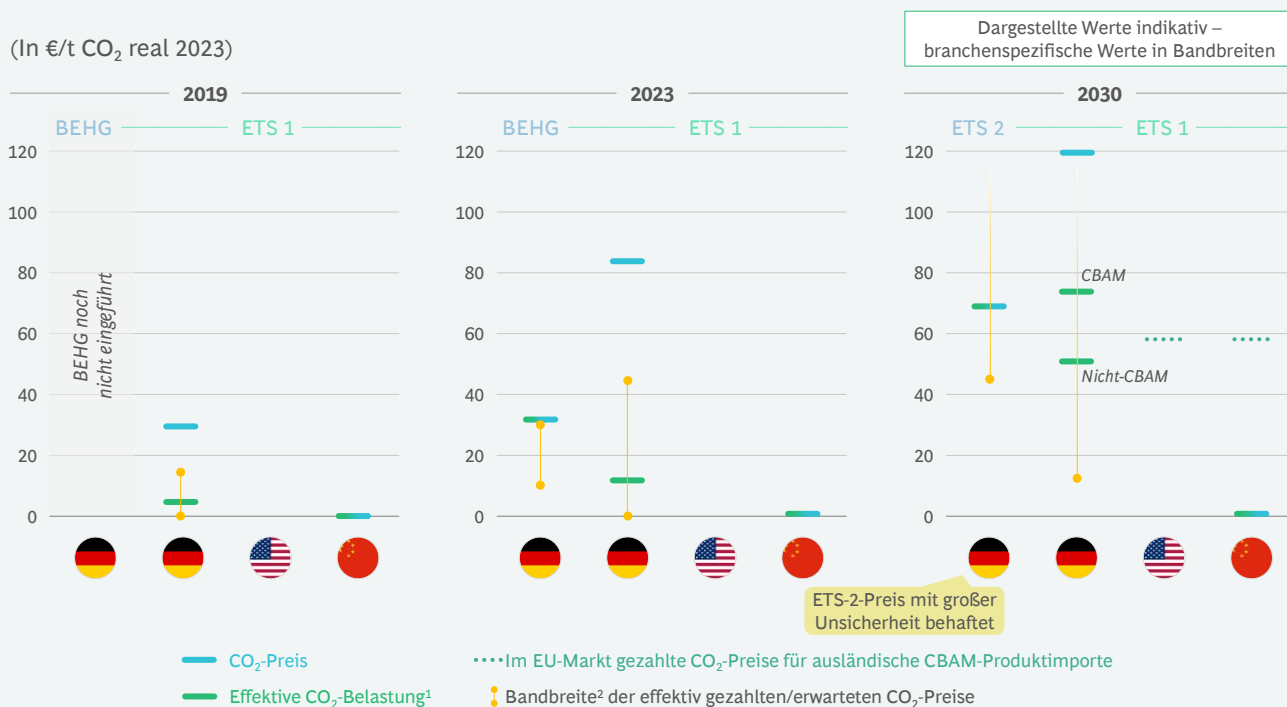
¹⁸ DIHK (2020).

¹⁹ Modellierungen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung errechnen sogar einen potenziellen Preis von bis zu 260 €/t CO₂ im Jahr 2030 im Falle eines auktionenbasierten Klimafolgenforschung – dass tatsächlich ein solcher Preis realisiert wird, gilt jedoch als unwahrscheinlich; siehe Günther et al. (2024).

²⁰ Preisvorhersagen für den Zeitraum nach 2030 sind noch ungewisser, da der Mechanismus zur Preisfindung noch erarbeitet werden muss.

Die CO₂-Preisbelastung steigt bis Ende der Dekade erheblich

ABBILDUNG 17 | CO₂-Preise in verschiedenen Ländern 2019, 2023 und 2030



1. Durchschnittliche freie Allokationen bei industriellen Verbrauchern 2. Unterschiedliche Belastungen für industrielle Verbraucher durch Zuteilungsunterschiede
Hinweis: Fehlende CO₂-Preis-Striche bedeuten, dass kein CO₂-Preis gezahlt wird; Differenzierung der effektiven CO₂-Preise nach CBAM-/Nicht-CBAM-Branchen nur in 2030 dargestellt; Annahme für Brennstoff-Benchmark in BEHG-Bepreisung: Nutzung von 50 % Erdgas und 50 % Flüssiggas
Quelle: Aurora Energy Research (2023); DEHSt (2023); Experteninterviews; Analyse BCG und IW

Auch ein kostengünstiger Zugang zu CO₂-armem und erneuerbarem Wasserstoff ist in Deutschland auf absehbare Zeit nicht gegeben. Die Wasserstoffproduktionskosten liegen in Deutschland auf einem höheren Niveau als in den meisten anderen Ländern: Durch gestiegene Gaspreise ist die Produktion von grauem (und blauem) Wasserstoff in Deutschland weniger wirtschaftlich geworden.²¹ Hohe Strompreise und gestiegene Kosten für Offshore-Wind-PPAs haben die Produktion von grünem Wasserstoff verteuert.²² Beide Trends sind auf dem Rücken einer Entwicklung passiert, in der sich die Produktion von CO₂-armem Wasserstoff insgesamt als erheblich teurer erwiesen hat, als noch vor wenigen Jahren vorhergesagt wurde.²³ Aus diesem Grund sind die Mehrkosten eines Wechsels für Unternehmen erheblich – und in Deutschland noch

höher als in anderen Ländern, auch innerhalb Europas.²⁴ Dieser Nachteil wird durch regulatorische Nachteile verschärft, weil Länder wie die USA mit teils großzügigeren und administrativ effizienteren Förderprogrammen wie dem Inflation Reduction Act (IRA) die dortige Wasserstoffproduktion günstiger machen, während hiesige Einschränkungen wie die strengen Grünstromkriterien der EU-Verordnung²⁵ sie eher verteuern. Ohne weitere politische Unterstützung ließe sich dieser Kostennachteil kaum auflösen, wodurch das Gelingen der deutschen Molekülwende deutlich unwahrscheinlicher würde. Zwar könnte mittelfristig ein verstärkter Pipeline-Import aus Ländern mit besseren Bedingungen kostengünstiger sein, die Fertigstellung der dafür erforderlichen Infrastruktur erscheint bis Ende der Dekade allerdings kaum realistisch.²⁶ Zur

²¹ Fossile Produktion aus Dampfreformierung oder autothermischer Reformierung, ohne (grau) und mit (blau) CCS.

²² Erneuerbare Produktion aus Wasserelektrolyse mit erneuerbarem Strom.

²³ Besonders investitionsseitige, aber auch operative Kostenannahmen wurden in früheren Studien zu optimistisch abgeschätzt. Reale Projekte weisen deutlich höhere spezifische CAPEX für das Gesamtsystem auf, während sich eine deutliche Kostensenkung bislang und voraussichtlich auch bis 2030 nicht in dem Maße materialisiert wie angenommen. Die höheren Projektkosten entstehen einerseits durch temporäre Faktoren, wie bspw. erhöhte Kapitalkosten und geringere Volllaststunden von Elektrolyseuren, andererseits aber auch durch strukturelle Faktoren, wie die tatsächliche Komplexität von Elektrolysesystemen, die aus weitaus mehr als nur den Stacks bestehen. Die „Balance of Plant“ (BoP) besteht bspw. weiterhin aus Regelungstechnik, Verdichtern, Wasseraufbereitung etc. – Anlagenkomponenten, bei denen die Lernkurve in den nächsten Jahren voraussichtlich geringer ausfallen wird. Weitere Informationen: BCG (2023c).

²⁴ In der ersten Förderauktion der EU Hydrogen Bank lagen die durchschnittlichen „grüne“ H₂-Gestehungskosten deutscher Projekte bei 11,6 €/kg H₂. In anderen europäischen Ländern (bspw. Griechenland, Schweden) waren sie mit ~ 5 – 6 €/kg H₂ deutlich niedriger.

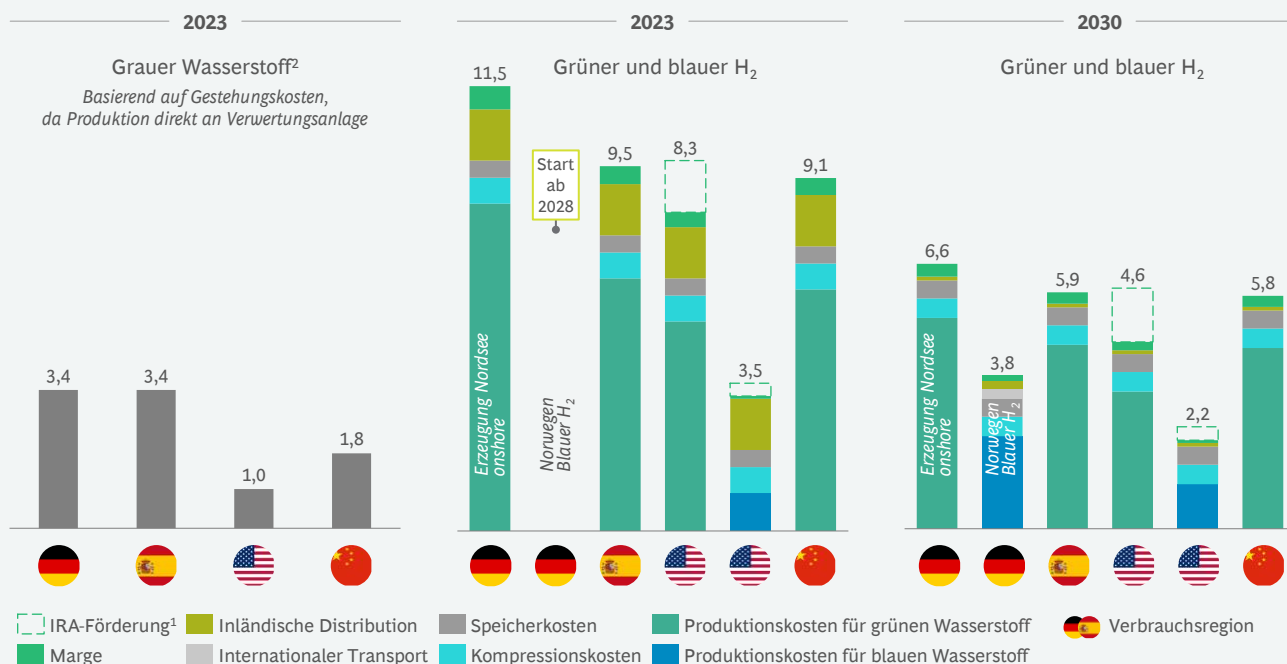
²⁵ Die Delegierten Verordnungen der EU setzen strenge Kriterien für die Produktion von „grünem“ Wasserstoff. So werden neben CO₂-Schwellenwerten auch weitere Kriterien wie bspw. die Zusätzlichkeit sowie die zeitliche und geografische Korrelation der erneuerbaren Energien betrachtet, was die Anrechnung verkompliziert und so zu kostspieligeren Rahmenbedingungen führen kann.

²⁶ Auch Ammoniak-Cracker-Anlagen werden bis dahin voraussichtlich noch nicht großtechnisch und preisgünstig NH₃ in H₂ zurücksplalten.

Deutschland ist eines der teuersten Länder zur Produktion von Wasserstoff

ABBILDUNG 18 | Wasserstoffpreise für industrielle Abnehmer 2023 und 2030

(In €/kg H₂ real 2023)

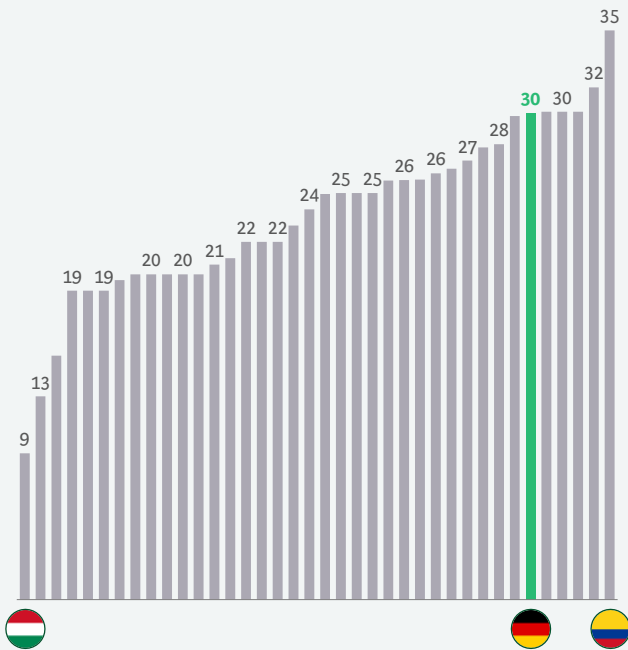


1. 1,5 \$/kg H₂ bei grünem und 0,375 \$/kg H₂ bei blauem H₂ (Tax Credit halbiert, da eine Projektlaufzeit von 20 Jahren angenommen wird) 2. Aktuell wird zumeist grauer H₂ direkt am Einsatzort produziert und nicht auf dem Markt eingekauft, daher hier Produktionskosten-Annahme
Quelle: Analyse BCG und IW

Deutsche Unternehmen schultern eine vergleichsweise hohe Steuerbelastung

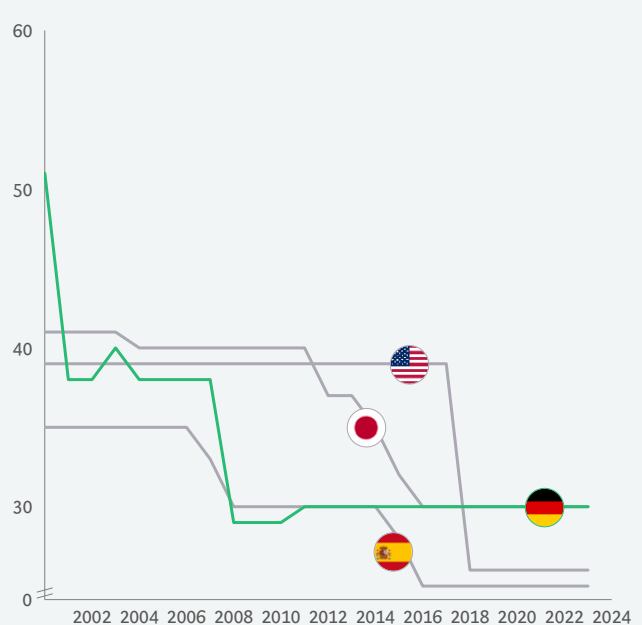
ABBILDUNG 19 | Effektive Steuerbelastung der Unternehmensgewinne im OECD-Vergleich von 2000 bis 2023

Effektive Steuerbelastung der Unternehmensgewinne der OECD-Länder (2023, in %)



Quelle: OECD (2023); Analyse BCG und IW

Effektive Steuerbelastung der Unternehmensgewinne in Deutschland, USA, Spanien und Japan (2000 – 2023, in %)



Erfüllung bereits bis dahin bestehender EU-Quoten der RED III, der ReFuelEU Aviation und der FuelEU Maritime kommt daher vor allem heimische Elektrolyseleistung in Frage.

1.3.2 Steuern und Arbeitskosten bleiben im internationalen Vergleich hoch

Das deutsche Unternehmensteuerniveau liegt deutlich über dem europäischen Durchschnitt – und dem der OECD. Insbesondere die deutschen Ertragsteuern sind erheblich höher als in den meisten anderen Ländern: Während hierzulande seit 2008 rund 30 % der Unternehmensgewinne von Kapitalgesellschaften zu versteuern sind, liegt die vergleichbare effektive Steuerbelastung im Median der OECD bei unter 25 % (siehe Abbildung 19). Auch für Personenunternehmen liegt die relevante Steuerbelastung bei der Einkommensteuer (inkl. Solidaritätszuschlag) mit 47,5 % seit 2007 auf konstant hohem Niveau, gefolgt von Spanien (45 %) und den USA (43,7 %).

Die deutschen Arbeitskosten sind international auf hohem Niveau. Mit durchschnittlichen Löhnen von rund 45 Euro pro Arbeitsstunde steht Deutschland

gemeinsam mit den skandinavischen Ländern an der europäischen Spitze – und hat damit etwa viermal so hohe Arbeitskosten wie chinesische Wettbewerber (rund 11 Euro). Dieses Phänomen ist nicht neu. In der Vergangenheit konnten die hohen deutschen Lohnkosten durch eine im Vergleich ebenso hohe Arbeitsproduktivität aufgefangen werden. Zwar liegt diese auch heute weiter über dem Niveau vieler Wettbewerbsländer (siehe Abbildung 20). Jedoch holen andere Länder auch hinsichtlich der Produktivität auf, was angesichts eines sich erheblich verschärfenden Fachkräftemangels in Deutschland eine gefährliche Entwicklung ist (siehe Kapitel 1.3.5).

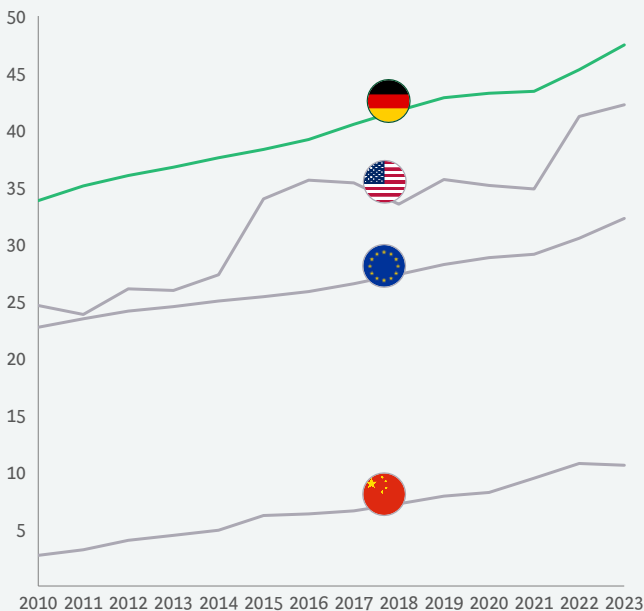
1.3.3 Bürokratische Auflagen und lange Genehmigungsverfahren belasten Unternehmen und verzögern Investitionen

Die deutschen Unternehmen klagen über hohe Belastungen durch Bürokratie. Allein die Informationspflichten nach nationalem Recht kosteten Unternehmen Anfang 2024 66,5 Mrd. Euro jährlich. Unternehmen klagen über steigende Belastungen, z. B. durch immer aufwendigere und längere Planungs- und Genehmi-

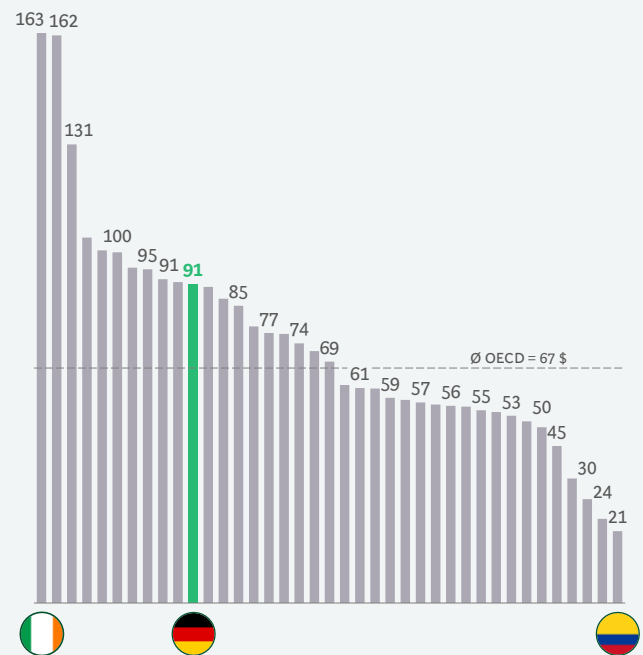
Deutschland hat hohe Arbeitskosten, aber auch überdurchschnittliche Produktivität

ABBILDUNG 20 | Arbeitskosten 2010 – 2022 und BIP pro Arbeitsstunde 2022 im internationalen Vergleich

Arbeitskosten im internationalen Vergleich 2010 – 2023
(in Euro pro geleisteter Arbeitsstunde)



BIP je Arbeitsstunde im OECD-Länder-Vergleich 2022
(in USD nach aktueller Kaufkraftparität)



Quelle: OECD (2024); Eurostat (2023); nationale Quellen (2023); Analyse BCG und IW

gungsverfahren.²⁷ Neue (teils überlappende) Berichts- und Nachweispflichten (z. B. Lieferkettengesetze, CSR, Strom-Herkunftsnachweise, Abwärmeplattformen) sowie immer komplexere Antragsverfahren (v. a. für Begrenzungen von Strom- oder CO₂-Kosten) überfordern Unternehmen und binden Arbeitskraft. Auch die Zahl der Auflagen – gerade aus europäischem Recht – nimmt zu. Verschärfend macht sich das „Goldplating“ der EU-Richtlinien auf nationaler Ebene bemerkbar – also die Übererfüllung rechtlicher Vorgaben aus dem supranationalen Rahmen. Bei steigenden Auflagen spüren vor allem kleinere Unternehmen den Fixkostencharakter von bürokratiebedingten Ausgaben. Diese liegen je nach Unternehmensgröße bei 1 – 5 % des Jahresumsatzes.²⁸

Gleichzeitig verlangsamt bürokratische Komplexität die Dauer vieler Verfahren enorm – und verzögert so Investitionen. Planungs- und Genehmigungsverfahren

für Industrieanlagen, Bauprojekte wie Windkraftanlagen oder Infrastrukturprojekte sind in Deutschland in vielen Fällen extrem langwierig. Insbesondere bei Windkraftanlagen hat sich die Dauer des immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens (BlmSchG) verlängert: Nach Antragstellung dauert es mittlerweile durchschnittlich fast 25 Monate bis zur Genehmigung²⁹, mit regional stark variierenden und zunehmenden Verfahrenszeiten.³⁰ Noch langwieriger ist der Bau von Verkehrsinfrastruktur. So dauert der Neubau eines 30 km langen Bundesschienenwegs im Schnitt 23 Jahre von der Vorplanung bis zur Einweihung.³¹ Auch Genehmigungen für die Gewinnung von Rohstoffen sind sehr komplex. Die durchschnittliche Dauer eines Verfahrens für eine Erweiterungsgenehmigung liegt bundesweit bei ca. fünf Jahren, für einen Neuaufschluss sind es sogar 10 bis 18 Jahre.³² Vor allem bei Unternehmensgründungen und der Einführung neuer Technologien können solche Verzögerun-

²⁷ BDI (2020); BDI (2022a); IW (2021).

²⁸ IfM Bonn (2023).

²⁹ Fachagentur Windenergie (2023).

³⁰ Bei der Genehmigung von Hochspannungstrassen liegt der Durchschnitt bei rund 42 Monaten, bei Bundesschienenwegen sogar bei rund 56 Monaten. Damit liegt die Dauer dieser Prozesse nicht nur weit über der wichtiger Wettbewerbsländer, sondern auch über den gesetzlich definierten Fristen. Im Durchschnitt werden sie um rund 6 Monate überschritten.

³¹ Dies unterteilt sich in ~ 6 Jahre Grundlagenermittlung und Vorplanung, ~ 4 Jahre Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur Einleitung des Planfeststellungsverfahrens, ~ 5 Jahre Planfeststellungsverfahren und ~ 8 Jahre Bauzeit bis zur Inbetriebnahme. Quelle: Deutscher Bundestag (2021).

³² EY (2022).

gen erhebliche internationale Wettbewerbsnachteile nach sich ziehen. Durch die Kombination von bundesrechtlichen und unterschiedlichen landesrechtlichen Regelungen sowie die Notwendigkeit, europäische Vorgaben zu berücksichtigen, entsteht häufig eine hohe Komplexität, die in Deutschland dazu führt, dass an einzelnen Genehmigungsverfahren bis zu 25 verschiedene Behörden beteiligt sind. Dies ist keine gute Voraussetzung für den anstehenden Umbau des deutschen Wirtschaftsstandorts.

Komplexe materielle Vorgaben und ein hohes Absicherungsbedürfnis bei Behörden und Unternehmen sind wesentliche Ursachen dieser langen Verfahren – neben der unzureichenden Digitalisierung deutscher Verwaltungsbehörden. Während in anderen Ländern auf Beweislastumkehr gesetzt wird, sind in Deutschland ein höheres rechtliches Absicherungs- und Nachweisbedürfnis sowie eine daraus resultierende Fehlervermeidungskultur spürbar, die stark lähmend wirken können.³³ Zudem wird die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung nur unzureichend vorangebracht: Ende 2022 konnte zur geplanten Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes (OZG) nur ein Bruchteil der

Verwaltungsdienstleistungen online angeboten werden; auch die weitere Arbeit an den insgesamt 575 zu digitalisierenden Verwaltungsdienstleistungen verzögert sich weiter.³⁴ Im internationalen Vergleich ist Deutschland bei der Einbindung digitaler Technologien in Gesetze und Verwaltung mit Platz 25 von 30 eines der Schlusslichter unter den OECD-Ländern.³⁵ Bei der Digitalisierung der Verwaltung, also dem digitalen Zugang zu Verwaltungsleistungen für Bürger und Unternehmen, liegt Deutschland auf Platz 44 von 193 Ländern weltweit – weit hinter den USA, Schweden, China oder Spanien und deutlich unter dem EU-Durchschnitt.

1.3.4 Deutschlands Infrastrukturen sind kein Aushängeschild für den Standort (mehr)

Der Standort Deutschland punktet mit bislang sicherer Stromversorgung und einem gut ausgebauten Straßenverkehrsnetz, hat aber Nachholbedarfe bei der digitalen Infrastruktur und zunehmende Investitionsrückstände bei den Strom- und Schienennetzen.

³³ So gelten z. B. Ausfuhrgenehmigungen in der Schweiz als erteilt, solange innerhalb einer bestimmten Frist kein Widerspruch der Behörde eingegangen ist.

³⁴ IW (2023b).

³⁵ OECD (2019); Hinweis: In der nachfolgenden Ausgabe des Digital Government Index (2023) ist Deutschland nicht mehr aufgeführt.

Lange Genehmigungsverfahren und hohe Bürokratiekosten belasten die Industrie

ABBILDUNG 21 | Dauer ausgewählter Genehmigungsverfahren, Bürokratiekosten, digitale Verwaltungsleistungen

Verfahrensdauer

Gesetzliche¹ und tatsächliche Dauer
(in Monaten)

Baugesetzbuch
(BauGB) **3 M** **6 M**
Länderabhängig

Bundesimmissionsschutzgesetz
(BImSchG) **3/7 M** **11 M**
*Starke Schwankungen
(Ø 25 Monate für Windkraft)*

Raumordnungsgesetz (ROG) **6 M** **12 M**
Starke Schwankungen

Verwaltungsverfahrensgesetz
(VwVfG) **Keine** **> 12 M**

Bürokratiekosten

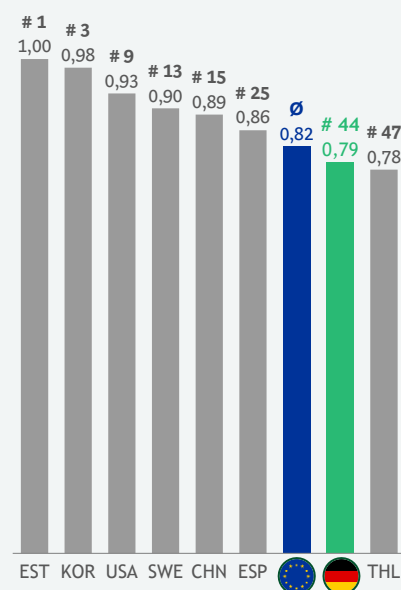
aus Informationspflichten
(in Mrd. €)

Absolute jährliche Kosten aus Informationspflichten in der Wirtschaft (Stand März 2024)

**66,5
Mrd. €**

Digitale Verwaltung

Index² zur Verfügbarkeit und Qualität
(0 – 1, Rang unter 193 Ländern)



1. Gesetzlich festgelegte Fristen bzw. von Gerichten anerkannte Richtwerte, in denen sich Verfahren bewegen sollen 2. Index: 0 – 1, Rang unter 193 Ländern
Hinweis: Durchschnittliche Dauern von Genehmigungen je Gesetz, inkl. Verordnungen, Verwaltungsvorschriften und Ähnlichem
Quelle: BDI (2022); Deutscher Bundestag (2021); FA Windenergie (2024); Normenkontrollrat (2022; 2023); Statistisches Bundesamt (2024); UN (2022); Analyse BCG und IW

Deutschlands Strominfrastruktur zählt zu den besten der Welt, hat aber erheblichen Ausbaurückstand. Mit lediglich rund 12 Minuten Versorgungsunterbrechungen pro Jahr ist das deutsche Stromnetz äußerst zuverlässig – und zählt damit zu den Top-10-Nationen weltweit.³⁶ Es kommt jedoch auch zu sehr kurzen Unterbrechungen der Versorgung (< 3 Minuten), die in den herangezogenen Statistiken nicht berücksichtigt werden. Solche kurzen Versorgungsunterbrechungen müssen auch künftig weitgehend vermieden werden, da sie besonders für das produzierende Gewerbe, das auf Grundlastfähigkeit angewiesen ist, zu Mehrkosten führen.³⁷ Die gesicherte Grundlastfähigkeit ist auch unter dem Aspekt des voranschreitenden Ausbaus volatiler erneuerbarer Energien in den Fokus zu rücken und muss durch den synchronisierten Ausbau von Erzeugung, Infrastruktur und Speicherkapazitäten sichergestellt werden.

Infolge des verpassten Netzausbaus in der vergangenen Dekade erfordert der Erhalt dieser Stabilität allerdings immer mehr kostenintensive Maßnahmen zum Netzengpassmanagement.³⁸ So ist der Umfang des Netzengpassmanagements seit 2018 im Durchschnitt um 12 % pro Jahr angestiegen und umfasste 2022 bereits ein Volumen von rund 33 TWh³⁹ – rund 7 % des gesamten deutschen Stromverbrauchs (siehe Abbildung 22). Der Netzausbau muss in den nächsten Jahren stark beschleunigt und mit dem Ausbau von Erneuerbaren synchronisiert werden, um Netzmanagementmaßnahmen und somit die dadurch entstehenden Kosten zu senken.

Deutschlands digitale Infrastruktur genügt nicht (mehr) höchsten Ansprüchen. Zwar hat Deutschland im europäischen Vergleich mit rund 92 % der Landesfläche eine hohe 5G-Abdeckung und rangiert bei Breitbandanschlüssen (FTTC/VDSL) mit rund 87 % erreichten Haushalten und rund 85 % erreichten Unternehmen zumindest im europäischen Durchschnitt (siehe Abbildung 23).⁴⁰ Die für modernste digitale Anwendun-

³⁶ Weltbank (2020).

³⁷ DIHK (2024).

³⁸ Das erfolgt v. a. durch sogenannte Redispatch-Maßnahmen. Dabei müssen kurzfristig Einspeisepläne von Stromerzeugern angepasst werden, weil eine erhöhte Stromerzeugung, z. B. durch mehr Windkraft an stürmischen Tagen in Norddeutschland, wegen überlasteter Übertragungsnetze nicht vollständig zu vorhandenen Nachfragern in Süddeutschland und dem Rest Europas transportiert werden kann.

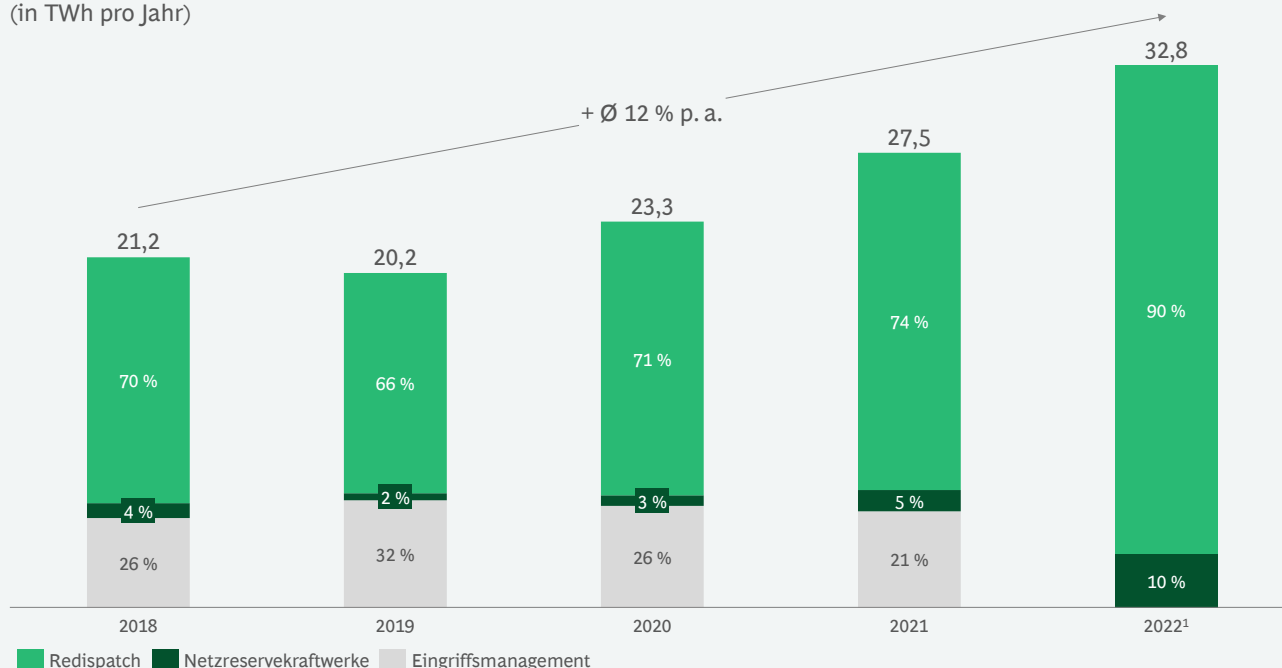
³⁹ BNetzA (2023).

⁴⁰ BMDV (2023), BnetzA (2023).

Erforderliche Maßnahmen zum Netzengpassmanagement steigen erheblich

ABBILDUNG 22 | Kapazität von Netzengpassmanagementmaßnahmen in Deutschland pro Jahr nach Clustern

Abgerufene Netzengpassmanagementmaßnahmen (in TWh pro Jahr)



1. Ab 2022 inkludiert die Bundesnetzagentur im Monitoringbericht in den Redispatch-Mengen auch das Eingriffsmanagement (inzwischen „Redispatch mit Erneuerbaren“ genannt), das in 2022 bei ~ 8 TWh lag
Quelle: Bundesnetzagentur (2023); Analyse BCG und IW

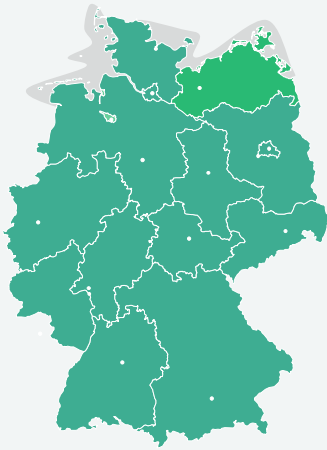
Digitale Infrastrukturen sind in Deutschland unterschiedlich gut ausgebaut

ABBILDUNG 23 | VDSL-Netz, Glasfasernetz und 5G-Netzabdeckung in Deutschland

VDSL:

Verfügbarkeit ≥ 50 MBit/s in %

VDSL-Netz bei ca. 87 % der Haushalte

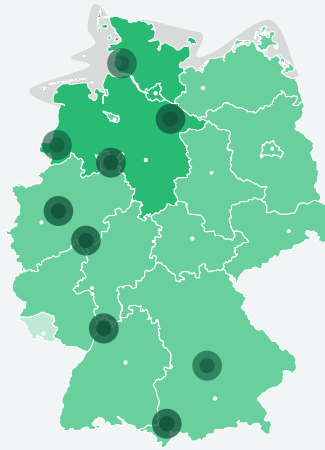


■ > 95 – 100 % ■ > 75 – 95 % ■ > 50 – 75 %
■ > 10 – 50 % ■ 0 – 10 %
■ Keine Daten verfügbar

Glasfasernetz:

FTTB-/FTTH¹-Anschlüsse

32 % der Haushalte und Betriebe mit direkten FTTB-/FTTH-Anschlüssen



■ > 95 – 100 % ■ > 75 – 95 % ■ > 50 – 75 %
■ > 10 – 50 % ■ 0 – 10 %
■ Keine Daten verfügbar
● „Hotspots“ > 75 % Ausbau

5G-Netz:

Verfügbarkeit von 5G

Netzabdeckung bei 85 % der Fläche



■ Verfügbar
□ Nicht verfügbar

1. FTTH (Fiber to the Home) und FTTB (Fiber to the Building) mit Anschluss direkt in Wohnungen und Betriebsräume
 Quelle: Bundesnetzagentur (2023); BMDV (2023); Analyse BCG und IW

gen kritische Glasfaserabdeckung fällt aktuell aber weit gegenüber anderen Ländern ab. Mit derzeit nur 32 % erreichten Haushalten und 39 % erreichten Unternehmen⁴¹ liegt Deutschland weit hinter Ländern wie Spanien, Frankreich und sogar Rumänien. Im europäischen Durchschnitt liegt der Anteil bei über 50 %. Ein Grund dafür ist, dass Deutschland im Vergleich lange an seiner bestehenden und gut ausgebauten (Kupfer-)Kabelstruktur festgehalten und diese ertüchtigt hat. Diese Struktur wird jedoch mit wachsenden Datenmengen vor allem für (digitale) Unternehmen zunehmend an ihre Grenzen stoßen. Auf die anstehende KI-Revolution ist Deutschlands digitale Infrastruktur damit denkbar schlecht vorbereitet.

Das deutsche Schienennetz muss einen substanziellen Investitionsstau aufholen. Deutschlands Schienennetz verfügt über eine hohe Netzdichte, hat aber nach Angaben der Bundesregierung in den letzten Jahrzehnten ein Investitionsdefizit von 90 Mrd. Euro aufgebaut. Dringend notwendige Investitionen umfassen die Sanierung (v. a. marode Stellwerke, Weichen, Gleise und Brücken) und den notwendigen Neu- und Ausbau des Schienennetzes. Umfangreiche Investitionen sind

ebenfalls für die weitergehende Elektrifizierung erforderlich. Außerdem wurden ausreichende Investitionen in die Digitalisierung der Schiene (zu) lange versäumt. Zusätzlich zu diesem Infrastrukturdefizit haben Fahrzeugbereitstellungs- und Personalmängel zuletzt die Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs erheblich beeinträchtigt. Im Jahr 2023 waren rund 35 % aller Fernverkehrszüge und 30 % aller Güterverkehrszüge unpünktlich. Diese Unzuverlässigkeit stellt ein zunehmendes Hindernis für die wirtschaftliche Entwicklung dar.

Deutschland hat ein traditionell gut ausgebautes Straßenverkehrsnetz, aber auch Straßen und Brücken weisen zunehmende Defizite auf. Trotz eines dichten und gut ausgebauten Straßennetzes nimmt die Qualität der Straßen kontinuierlich ab. Über 4.000 der rund 28.000 deutschen Autobahnbrücken sind hochgradig sanierungsbedürftig. Hinzu kommt ein weiterer erheblicher Modernisierungsbedarf bei kommunalen Straßen und Brücken. Die übergreifende Straßenqualität Deutschlands rangierte im globalen Vergleich des Weltwirtschaftsforums 2019 nur noch auf Platz 22 hinter Ländern wie Spanien, den Niederlanden, den USA und Österreich – mit deutlich absteigender Tendenz.⁴²

⁴¹ FTTB-/FTTH-Anschlüsse mit > 1.000 MBit/s, siehe BMDV (2024).

⁴² WEF (2019).

Auch Deutschlands Wasserstraßen haben erheblichen Modernisierungsbedarf. Wasserstraßen spielen eine wichtige Rolle beim Transport von Massengütern wie Kohle, Erz und Baustoffen. Allerdings sind viele Wasserstraßen und Schleusen veraltet und bedürfen dringend einer Modernisierung. Gut 20 % der 315 Schleusen an Bundeswasserstraßen wurden vor dem Jahr 1900 in Betrieb genommen. Etwa 10 % aller untersuchten Anlagen haben signifikanten Erneuerungsbedarf⁴³ – und lediglich 19 % der bis 2026 geplanten Projekte wurden bisher realisiert. Um diesen Rückstand aufzuholen, müsste sich die gegenwärtige Bautätigkeit etwa verzehnfachen. Besonders Schleusen und Wehre weisen mit 90 % bzw. 97 % offenen Bauvorhaben die größten Lücken auf.

1.3.5 Der demografische Wandel führt noch in dieser Dekade zu einer signifikanten Fach- und Arbeitskräftelücke

Der demografische Wandel führt zu einer sich stetig vergrößernden Lücke im deutschen Arbeitsmarkt. Allein bis 2030 wird sich die Zahl der Menschen im

erwerbsfähigen Alter gegenüber 2021 um über 5 Mio. verringern. Diese Entwicklung wird sich durch den fortschreitenden Renteneintritt der geburtenstarken Jahrgänge („Babyboomer“) und die niedrige Geburtenrate der letzten Jahrzehnte weiter verschärfen (siehe Abbildung 24). Das stellt den deutschen Arbeitsmarkt vor eine historische Herausforderung.

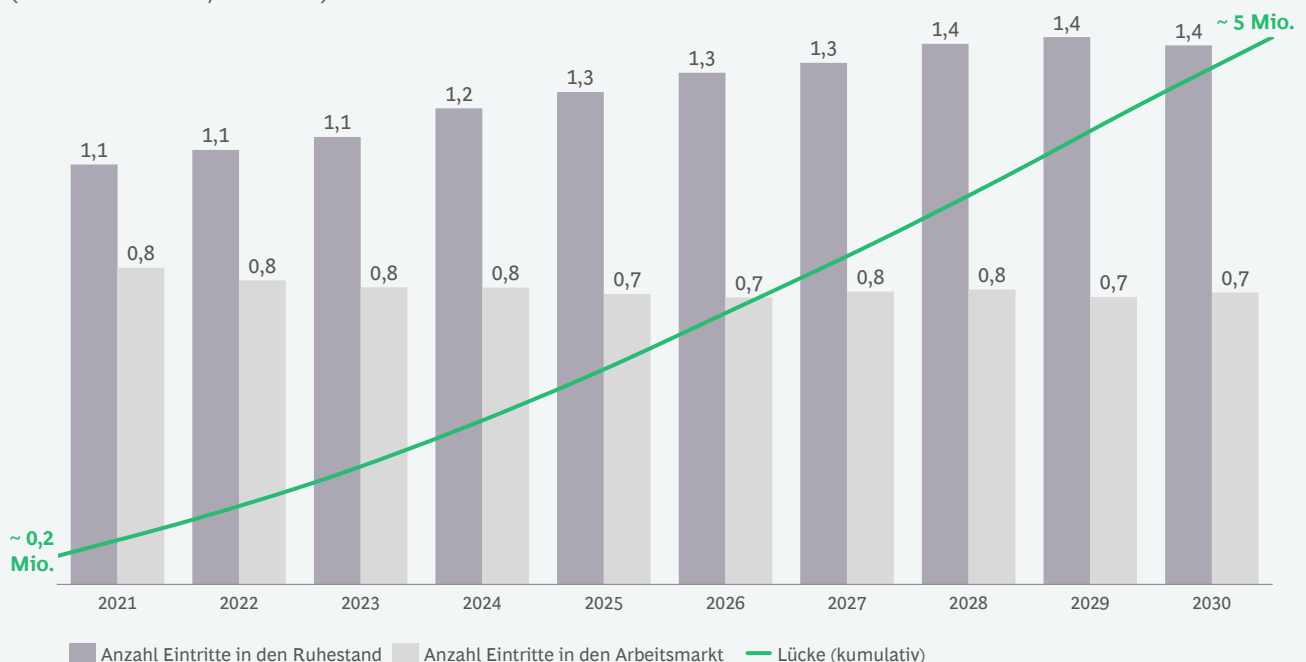
Der Arbeits- und Fachkräftemangel verursacht bereits heute erhebliche wirtschaftliche Kosten. Laut aktuellen Schätzungen betragen die jährlichen Kosten des Fachkräftemangels in Deutschland schon jetzt mehr als 90 Mrd. Euro – mit steigender Tendenz (siehe Abbildung 25). Diese Kosten resultieren aus der Nichtbesetzung von Stellen, die Produktionsausfälle und eine geringere Wettbewerbsfähigkeit der betroffenen Unternehmen zur Folge hat. Besonders relevant ist dies bei Positionen für akademisch qualifizierte Experten; aber auch Spezialisten und Fachkräfte mit Berufsausbildung sind schwer zu finden. Die unzureichende Besetzung von Schlüsselpositionen beeinträchtigt damit nicht nur das Wachstum einzelner Unternehmen, sondern hat auch weitreichende negative Auswirkungen auf die gesamte Volkswirtschaft.

⁴³ BMDV (2016).

Bis 2030 verlassen netto bis zu 5 Mio. Menschen den deutschen Arbeitsmarkt

ABBILDUNG 24 | Rückgang der Zahl an Menschen im erwerbsfähigen Alter 2021 – 2030

Eintritte in den Ruhestand und Eintritte in den Arbeitsmarkt im Vergleich (in Mio. Menschen, kumuliert)

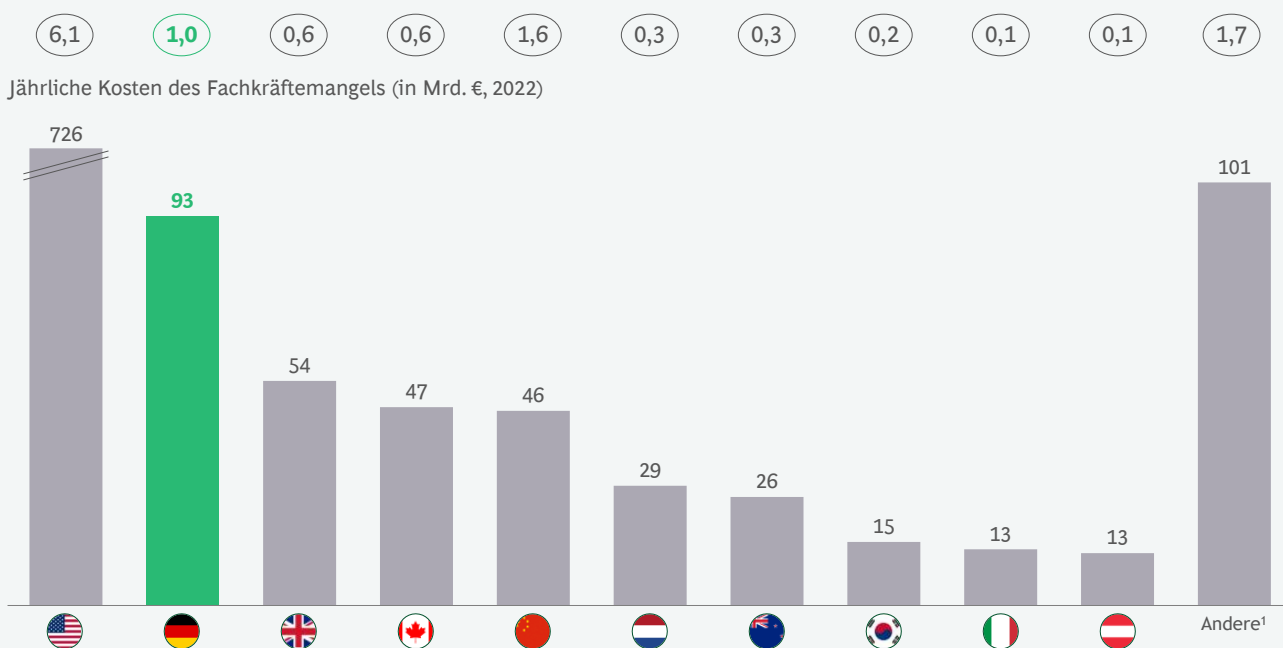


Hinweis: Annahme des Erwerbseintritts mit 20 Jahren und Renteneintritts mit 65 Jahren
Quelle: Statistisches Bundesamt (2022); Analyse BCG und IW

Kosten des Arbeits- und Fachkräftemangels betragen schon heute > 90 Mrd. Euro

ABBILDUNG 25 | Jährliche Kosten des Fachkräftemangels und Anzahl offener Stellen 2022 nach Ländern

Anzahl freier Stellen über dem langfristigen Durchschnitt und jährliche Kosten des Arbeits- und Fachkräftemangels (in Mio., 2022)



1. Andere Länder enthalten 20 weitere Staaten aus den 30 größten Volkswirtschaften weltweit (nach BIP), Hinweis: Reihung der Länder ergibt sich auch aus der Größe der jeweiligen Volkswirtschaft
Quelle: BCG × IOM UN Migration (2022); Analyse BCG und IW

Der Arbeits- und Fachkräftemangel ist außerdem eine Gefahr für die Transformation des Standorts. Deutschland steht mit dem anstehenden Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft vor einer erheblichen Transformation. Gleichzeitig muss sich der Standort neu erfinden, um Wachstumschancen durch neue Technologien zu nutzen. Klimatransformation und Digitalisierung schaffen perspektivisch neue Berufsbilder und erhöhen den Bedarf an spezifischen Fachkräften beträchtlich. Allein für die Umsetzung der Klimatransformation wird bis 2030 eine Fachkräftelücke von etwa 600.000 bis 750.000 Vollzeitäquivalenten geschätzt. Davon sind besonders Bereiche wie der Ausbau von Photovoltaikanlagen, Windkraft, Ladeinfrastruktur, die energetische Gebäudesanierung und der Wohnungsbau betroffen – mit den größten Lücken in Berufsgruppen wie Hochbau, Metallbau, Elektrotechnik sowie Maschinenbau- und Betriebstechnik (siehe Abbildung 26). Diese Lücke könnte sich zu einem erheblichen Hindernis für die zukünftige Transformation und Modernisierung der Industrie entwickeln.

Das deutsche Bildungssystem ist derzeit nicht in der Lage, dieses Defizit zu kompensieren – im Gegenteil. Der Bildungsstand deutscher Schülerinnen und Schüler hat sich in den letzten Jahren in wichtigen Fächern wie Mathematik, Deutsch und Naturwissenschaften verschlechtert. Zudem erreicht rund ein Drittel der Neuntklässler in Deutschland nicht den Mindeststandard im Lesen. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der Bildung inzwischen nur noch im OECD-Mittelfeld. 16 % der Bevölkerung zwischen 25 und 64 Jahren haben keinen Abschluss der Sekundarstufe II, und nur 33 % besitzen einen Hochschulabschluss – das liegt deutlich unter dem OECD-Durchschnitt von 41 %.⁴⁴ Rund 6 % der Jugendlichen in Deutschland verlassen die Schule sogar ohne einen Abschluss – ein Wert, der seit 2011 stagniert.⁴⁵ Diese Entwicklungen tragen dazu bei, dass der Arbeitsmarkt nicht ausreichend mit qualifizierten Fachkräften versorgt werden kann. Der Bildungssektor fällt daher als Instrument gegen Deutschlands Demografiekrise derzeit aus.

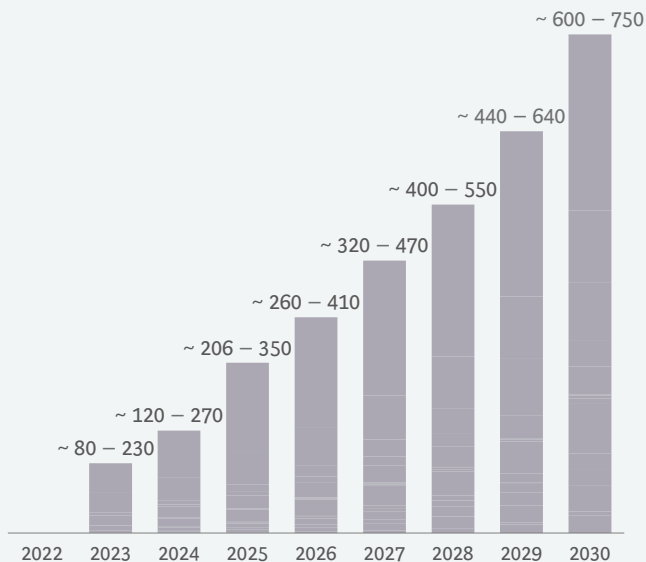
⁴⁴ Destatis (2023b). Der geringe Anteil an Hochschulabsolventen im internationalen Vergleich hängt auch mit der großen Bedeutung des Systems der dualen Berufsausbildung in Deutschland zusammen, welches in den meisten anderen Ländern gar nicht vorhanden oder nur schwach ausgeprägt ist. Ergänzend zum internationalen OECD-Vergleich sollten daher auch nationale Statistiken hinzugezogen werden, wie etwa die Anzahl Jugendlicher ohne Schulabschluss (siehe oben).

⁴⁵ Bertelsmann Stiftung (2023).

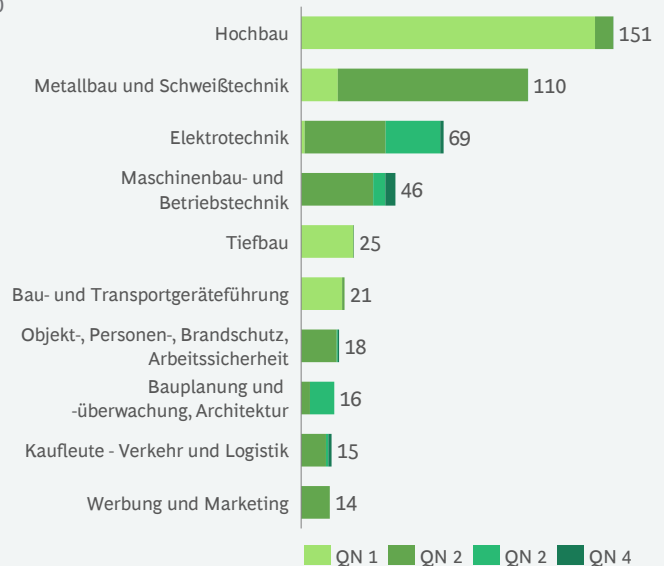
Bis 2030 fehlen allein in Transformationsberufen bis zu 750.000 Fachkräfte

ABBILDUNG 26 | Fachkräftelücke für die Klimatransformation in am stärksten betroffenen Berufsgruppen 2030

Bedarf für die Klimatransformation nach Jahren
(in Tsd. Vollzeitäquivalenten 2023 – 2030)



Bedarf für die Klimatransformation nach Berufsgruppen
Top-10-Berufsgruppen (in Tsd. Vollzeitäquivalenten 2030)



Hinweis: QN = Qualitätsniveau; QN 1 = Helfer- und Anlerntätigkeiten, QN 2 = Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten (Ausbildung), QN 3 = Komplexe Tätigkeiten (Meister/Bachelor), QN 4 = Hochkomplexe Tätigkeiten (Master und höher); Fachkräfteangebot berücksichtigt den demografischen Wandel (Nettoeffekt aus erwartbaren Berufsaus-/eintritten). Fachkräftebedarf modelliert auf Basis des in Taskforce 1 definierten EE-Transformationspfades
Quelle: Analyse BCG und IW

1.3.6 Deutschland kann weiter auf starker Forschung und Innovation aufbauen, doch andere Länder holen auf

Deutschland ist eines der innovativsten Länder der Welt. Im globalen Innovationsindex der World Intellectual Property Organization (WIPO) rangiert Deutschland seit mehr als zehn Jahren unter den Top 10 der innovativsten Länder weltweit.⁴⁶ Deutschland belegt als eine der führenden Industrienationen in der Entwicklung von Schlüssel- und Zukunftstechnologien⁴⁷ wie Energietechnologien, digitaler Hardware und Vernetzung und neuen Produktionstechnologien Rang 7 (vor einigen Jahren noch Rang 4). Bei den Forschungs- und Entwicklungsausgaben liegt Deutschland mit rund 3 % des BIP zwar deutlich hinter hochinnovativen Län-

dern wie Israel (5,6 % des BIP), Südkorea (4,9 %) oder den USA (3,5 %) – bleibt aber mit Rang 9 unter den Top 10 der forschungsintensivsten Nationen weltweit.

Internationale Wettbewerber holen auf – vor allem in einzelnen Schlüsseltechnologien. So hat China in den letzten Jahren einen Zuwachs von 30 % bei eingereichten Patenten verzeichnet – deutlich mehr als Europa und die USA. Der Blick auf klimafreundliche Technologien insgesamt zeigt ein ähnliches Bild: 60 % aller chinesischen Patente in Bereichen wie Batterien, alternative Antriebe, grüne Kraftstoffe und CCS wurden seit 2017 entwickelt. Die USA liegen bei der Qualität neuer Entwicklungen, gemessen an der Zitationsrate je Patent, vorn – mit Europa im Mittelfeld.⁴⁸ Deutschland ist innerhalb Europas der innovativste Standort, muss

⁴⁶ WIPO (2023). Dieser Index erfasst sowohl wesentliche Dimensionen des Innovationsinputs, wie z. B. Ausgaben für Forschung und Entwicklung, Bildungssysteme, Forschungseinrichtungen und die Qualität der wissenschaftlichen Forschung, als auch Innovationsoutputs wie Patente, wissenschaftliche Publikationen, Hightech-Produktion und die Exportfähigkeit von High-Tech-Produkten.

⁴⁷ Die Einteilung in „Zukunftstechnologien“ und „Schlüsseltechnologien“ folgt hier der „Technological Readiness Level“-Skala (TRL) der NASA bzw. der darauf aufbauenden Kurzpublikation des BDI zur Schlüsseltechnologiedefinition der deutschen Industrie. Demnach sind Zukunftstechnologien „sich abzeichnende Technologien mit erheblichem und sogar disruptivem Veränderungs- und Innovationspotenzial. Ihre Bedeutung im internationalen Wettbewerb wird steigen, sodass der Transfer in die Anwendung dieser – sich oft noch im Forschungsstadium an Universitäten oder in Unternehmen befindlichen – Technologie frühzeitig befähigt werden muss“. Schlüsseltechnologien dagegen „zeichnen sich durch die Erschließung neuer Technikbereiche aus, die sich selbst beziehungsweise das Entwicklungsumfeld aktuell noch in der oft kapitalintensiven Entwicklungsphase befinden. Sie entwickeln sich aus den Zukunftstechnologien“, können aber bereits den „Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie bis zur Realisierung eines qualifizierten Systems im industriellen Einsatzbereich“ liefern. Siehe BDI (2023b).

⁴⁸ US-amerikanische Patente werden global am häufigsten zitiert – ein Indikator, der vergleichbar mit dem Impact-Factor wissenschaftlicher Publikationen die Relevanz von Forschungsergebnissen widerspiegeln kann. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass unterschiedliche rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen allgemein zu häufigeren Zitaten amerikanischer Patente führen können.

sich aber steigendem Wettbewerb stellen und sicherstellen, auch zukünftig den Anschluss zu halten (siehe Abbildung 27).

1.3.7 Risiken aus geopolitischen Abhängigkeiten nehmen zu

Deutschland ist beim Import einer Reihe wichtiger Rohstoffe sehr stark auf wenige einzelne Bezugsländer angewiesen. Für mehrere wesentliche Materialien bezieht Deutschland derzeit mehr als 80 % seiner Importe aus lediglich fünf Bezugsländern. In Zeiten zunehmender geopolitischer Spannungen, wirtschaftlicher Instabilitäten und gestörter Lieferketten erhöht diese Konzentration zunehmend das Risiko von Versorgungsengpässen und Preisschwankungen. Sie stellt insbesondere bei solchen Materialien ein erhebliches Risiko dar, die zentral für die Transformation und Entwicklung zugehöriger Schlüsseltechnologien sind – wie zum Beispiel Kobalt, Mangan und seltene Erden.

Mehrere kritische Rohstoffe bezieht Deutschland sogar zu großen Teilen aus Risikoländern. Rohstoffe wie Graphit, Kobalt, Mangan und seltene Erden bezieht die Bundesrepublik derzeit in erheblichen Mengen aus Ländern, bei denen ein mindestens mittelfristiges Lieferisiko besteht.⁴⁹ Häufig zählt China zu den wichtigsten Lieferanten, zum Beispiel bei seltenen Erden und Graphit. Hauptlieferant von Kobalt war 2023 Russland, obwohl der Schwerpunkt der globalen Kobaltförderung im Kongo liegt (siehe Abbildung 28). Bei raffinierten Produkten, die für die industrielle Produktion unverzichtbar sind, ist die globale Konzentration noch höher, da China in vielen Produkten eine dominierende Stellung einnimmt (siehe Abbildung 29). Diese hohe Abhängigkeit macht Deutschland anfällig für geopolitische Spannungen und Handelskonflikte – die, wie sich in den vergangenen Jahren gezeigt hat, erhebliche Auswirkungen haben können.

Die starke Exportorientierung der deutschen Industrie macht Deutschland anfälliger für geopolitische Spannungen. In Chemie und Pharma, der Elektro- und Digi-

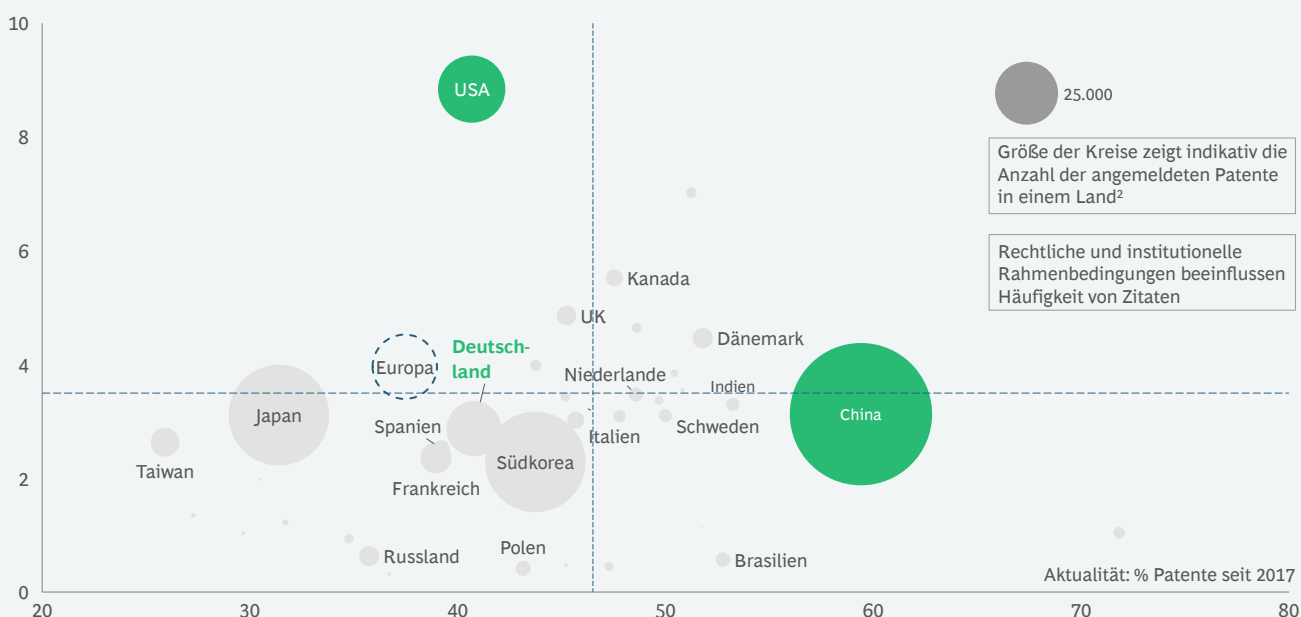
⁴⁹ Der Bezug erfolgt dabei entweder direkt aus diesen Ländern oder über Zwischenhändler wie Belgien oder die Niederlande, was zu einer Unterschätzung tatsächlicher Abhängigkeiten führen kann.

Deutschland liegt bei klimafreundlichen Innovationen nur noch im Mittelfeld

ABBILDUNG 27 | Anzahl, Qualität und Aktualität von Patentanmeldungen zu emissionsarmen Technologien

Patente für emissionsarme Technologien¹ nach Qualität und Aktualität

Qualität: Durchschnittliche Zitierungen/Patent



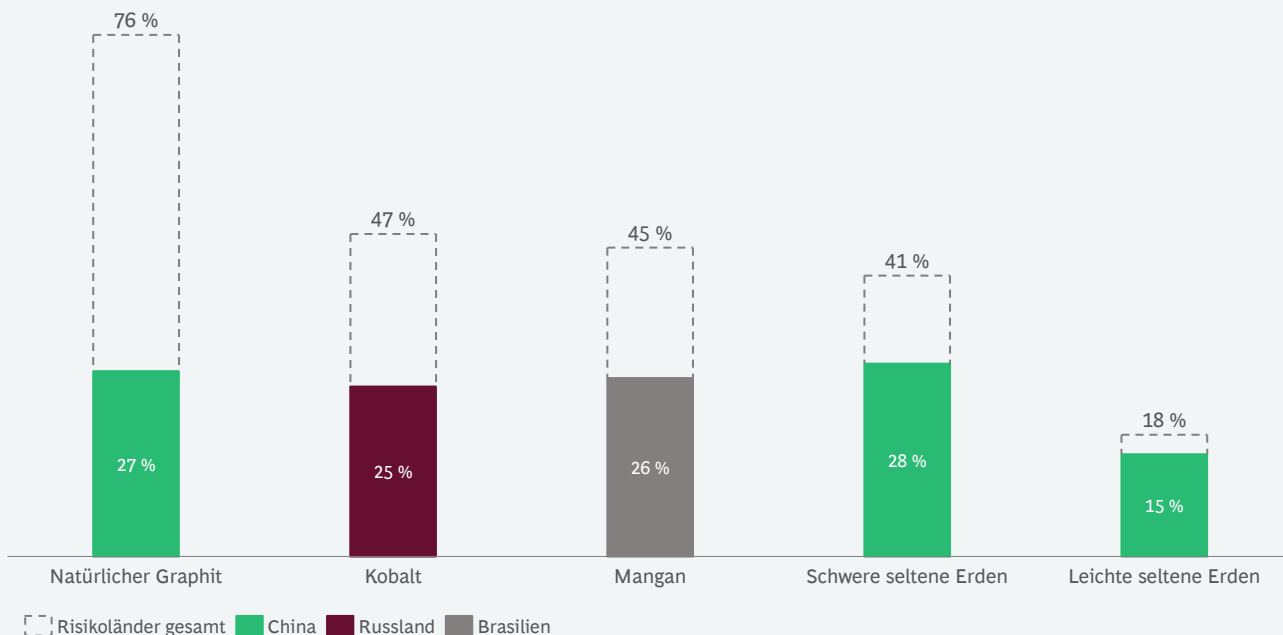
1. Inkl. emissionsarmer Energielösungen, alternativer Kraftstoffe, Lösungen & Derivate auf H₂-Basis, CCU 2. Erfindungsquelle anhand der Erfinderadresse identifiziert. Nur Erfindungen berücksichtigt, die für ein Land einzigartig sind
Hinweis: Die Analyse basiert auf klimabezogenen Patenten, die seit 2010 angemeldet wurden, und wurde durch eine Kombination aus stichwortbasierten Strategien & Patent-Tech-Codes ermittelt

Quelle: PatentSight; Derwent Innovation; BCG Center for Growth and Innovation Analytics; BCG Green Tech Portal; Analyse BCG und IW

Deutschland bezieht hohe Anteile kritischer Rohstoffe aus Risikoländern

ABBILDUNG 28 | Anteil direkter Importe ausgewählter Rohstoffe aus kritischen Ländern¹ nach Deutschland

Anteil kritischer Länder an direkten² Importen nach Deutschland in 2023 inkl. größtem kritischen Exportland (in %)

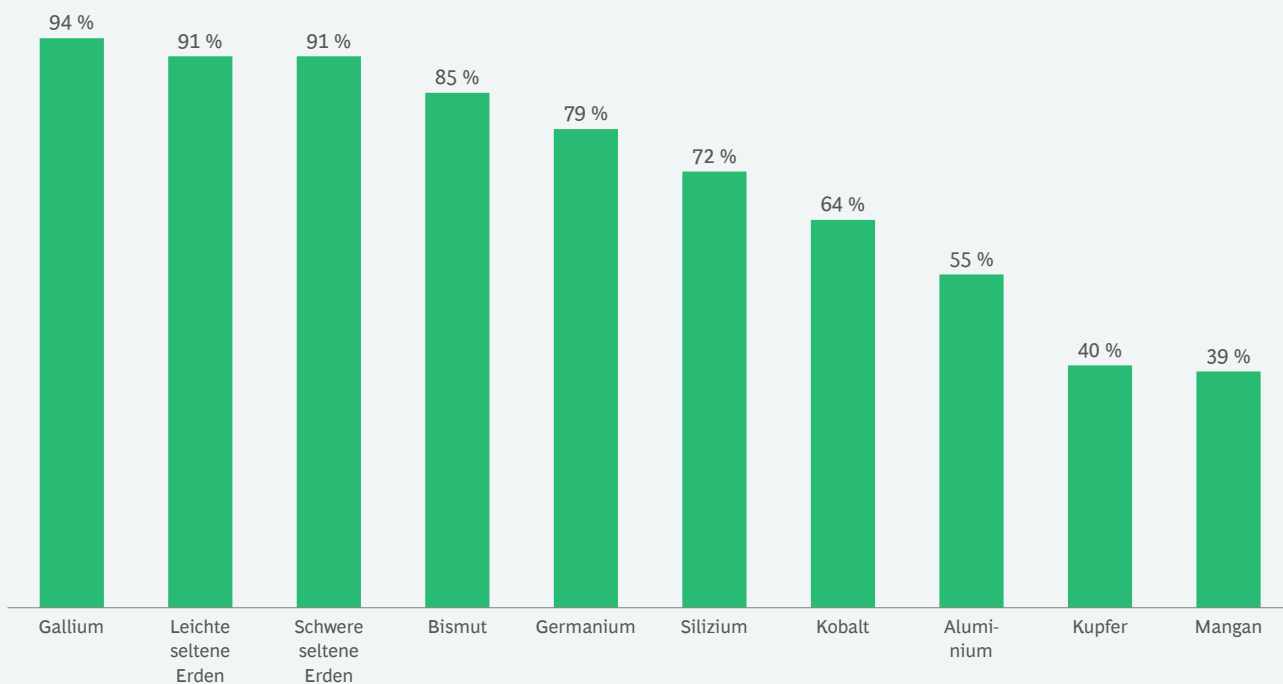


1. Risikoindex basierend auf Worldwide-Governance-Indikatoren. Als Bewertungskriterium wurde der Mittelwert der sechs Subindikatoren („Voice and Accountability“, „Political Stability and Absence of Violence“, „Government Effectiveness“, „Regulatory Quality“, „Rule of Law“, „Control of Corruption“) der WGI gebildet. Länder mit einem negativen Mittelwert wurden als Risikoländer gekennzeichnet. 2. Indirekte Abhängigkeit von kritischen Ländern höher
Quelle: UN Comtrade (2022); Weltbank (2023); Analyse BCG und IW

China dominiert den Weltmarkt vieler raffinierter Produkte

ABBILDUNG 29 | Anteil Chinas an Exporten ausgewählter raffinierter Produkte

Anteil Chinas an weltweiter Produktion ausgewählter raffinierter Produkte (in %)



Quelle: S&P; BGS; USGS; DERA (2023); UN Comtrade (2022); Analyse BCG und IW

talindustrie, im Maschinen- und Anlagenbau und in der Automobilindustrie wurde 2023 (teils deutlich) mehr als die Hälfte aller Umsätze im Ausland erwirtschaftet (siehe Abbildung 30). Ein wichtiger Treiber dieser Entwicklung war in der Vergangenheit auch ein deutlich gestiegener Exporterfolg in Regionen außerhalb Europas, vor allem in die USA und nach China (siehe Abbildung 31).⁵⁰ Insbesondere die große Bedeutung des chinesischen Absatzmarktes ist vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Entwicklungen zu einem Risiko für die deutsche Industrie geworden. Diese Verwundbarkeiten werden zusätzlich verstärkt durch Direktinvestitionen in Risikoländern durch deutsche Unternehmen, die dort teils beträchtliche Produktionskapazitäten aufgebaut haben oder gerade aufbauen.

1.3.8 Die Klimatransformation löst trotz erheblicher Fortschritte noch nicht ausreichende Investitionen aus

Deutschland erreicht derzeit seine ambitionierten Klimaziele – allerdings nicht in erster Linie aufgrund höherer Klimaschutzinvestitionen. Deutschland verfolgt mit dem Klimaschutzgesetz im internationalen Vergleich hochambitionierte Ziele zur Senkung der eigenen THG-Emissionen und geht dabei auch über die EU-Zielsetzung hinaus.⁵¹ Die Erreichung dieser Ziele erfordert in dieser Dekade substanzielle Investitionen in neue Technologien und neue Infrastruktur, die neben ihrer positiven Wirkung auf die deutsche Klimabilanz auch eine Wachstumsperspektive für die deutsche Volkswirtschaft versprechen – einerseits durch die damit insgesamt steigende Investitionsaktivität, andererseits, weil Deutschland mit vielen dieser Investitionen überwiegend importierte fossile Energieträger durch vermehrt heimisch hergestellte Kapitalgüter ersetzt.⁵² Die Bundesregierung war in der Errei-

⁵⁰ Zukünftig werden hier stark wachsende Schwellenländer vermehrt an Bedeutung gewinnen. Zur weiteren Diversifizierung des Exports sind daher weitere EU-Freihandelsabkommen notwendig (siehe Kapitel 5.3.4).

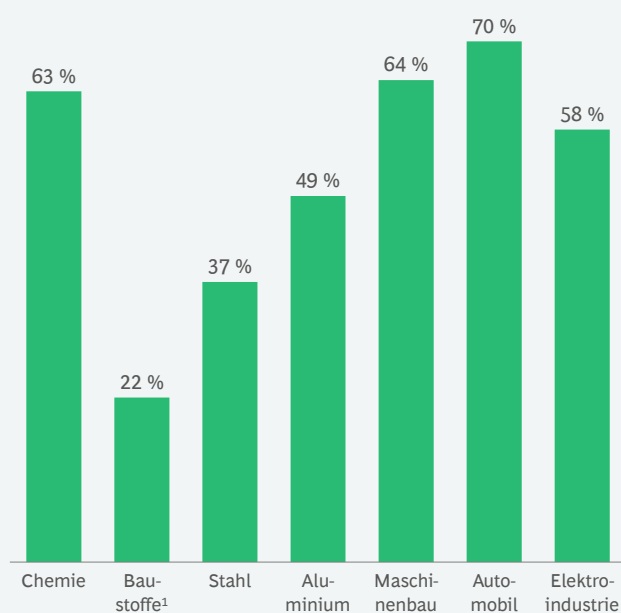
⁵¹ Das Klimaschutzgesetz schreibt vor, dass Deutschland seine nationalen Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 % reduziert (gegenüber 1990) und bis spätestens 2045 Klimaneutralität erreicht.

⁵² BCG und Prognos (2018).

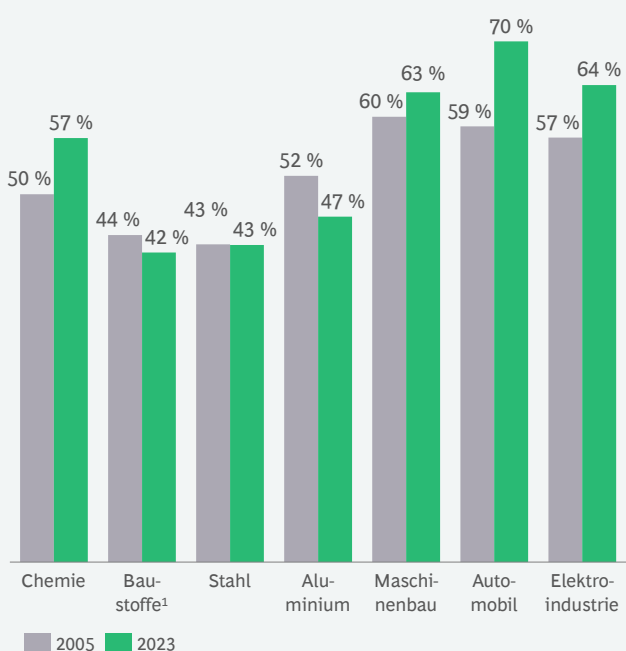
Die deutsche Industrie hängt stark vom Export ab – zunehmend in Nicht-EU-Länder

ABBILDUNG 30 | Anteil Auslandsumsatz am Gesamtumsatz der Industrie, Anteil aus Nicht-Eurozone

Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz nach Branchen 2023 (in %)



Anteil des Nicht-Eurozone-Umsatzes am Auslandsumsatz nach Branchen 2005 und 2023 (in %)



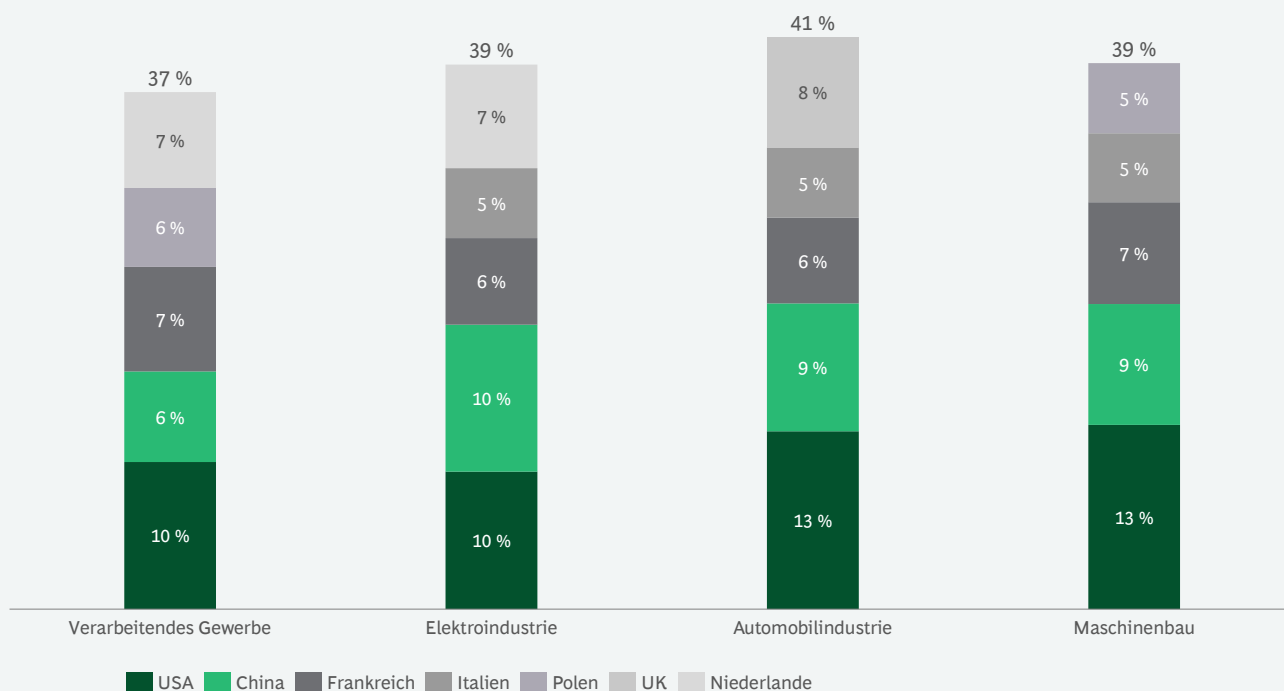
1. WZ08 und 23.2 – 23.7

Quelle: Statistisches Bundesamt (2024), Monatsbericht für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden; Analyse BCG und IIV

China und die USA sind für viele Branchen die wichtigsten Absatzmärkte

ABBILDUNG 31 | Top-5-Exportländer für Deutschland je Industriezweig

Anteile der Top-5-Exportländer Deutschlands an den Exporten des weiterverarbeitenden Gewerbes je Industriezweig 2023 (in %)



Quelle: Statistisches Bundesamt (2024); Außenhandelsstatistik; Analyse BCG und IW

chung dieser Ziele in den vergangenen Jahren nominell erfolgreich: Nach Jahren der Zielverfehlung prognostizierte das Umweltbundesamt 2023 erstmals die Erreichung der Klimaziele für 2030. Dies ist jedoch nicht ausschließlich auf die Beschleunigung heimischer Klimainvestitionen zurückzuführen: Ein wesentlicher Treiber dieser Entwicklung war ein erheblicher Produktionsrückgang energie- und emissionsintensiver Industriesektoren, der in einer Verringerung der industriellen Emissionen insgesamt um 7,6 % resultierte.⁵³

Um die zur Erreichung der Klimaziele im Jahr 2030 erforderlichen Mehrinvestitionen⁵⁴ zu mobilisieren, reichen die existierenden finanziellen und regulatorischen Anreize in vielen Sektoren noch nicht aus. Die aktuelle Bundesregierung hat in den ersten Jahren ihrer Amtszeit trotz Krieg in der Ukraine und Energiekrise eines der bisher wahrscheinlich ambitioniertesten

ten Energie- und Klimapakete in die Wege geleitet. Die beschlossenen Regulierungen werden Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen in den kommenden Jahren erheblich beschleunigen, genügen aber nicht zur Erreichung der deutschen Ziele. Vor allem der Verkehrssektor hinkt hinterher.

- Im Energiesektor hat Deutschland ein sehr ambitioniertes Beschleunigungspaket für den Ausbau von Erneuerbaren und Netzen auf den Weg gebracht. Die in den vergangenen zwei Jahren beschlossenen Gesetzespakete haben eine erhebliche Beschleunigungsdynamik im Ausbau von Windenergie, Photovoltaik und Stromnetzen ausgelöst – und außerdem den zeitnahen Bau eines Wasserstoff-Kernnetzes angestoßen. Maßnahmen wie die EEG-Novelle, u. a. mit dem Osterpaket und dem Solarpaket, sowie das Gesetz zur Wasserstoff-Netz-

⁵³ Die Emissionen im Gebäudesektor sanken zwar um 7,5 %, teils getrieben von Einsparbemühungen im Zuge der Energiekrise und den daraus resultierenden hohen Preisen sowie teils durch einen warmen Winter, verfehlten allerdings die erlaubte Emissionsmenge knapp. Auch der Verkehrssektor verpasste das bislang geltende Sektorziel mit einem Überschuss von 13 Mt über der zulässigen Menge nach KSG – trotz eines prozentualen Rückgangs um 1,2 % gegenüber 2022. Die Emissionen im Energiesektor sanken 2023 gegenüber dem Vorjahr um 20,1 % aufgrund des Rückgangs beim Einsatz von Kohle, des Ausbaus erneuerbarer Energieerzeuger, erhöhter Stromimporte sowie gesunkener Energienachfrage – besonders im produzierenden Gewerbe. Letztere lässt sich auf die negative konjunkturelle Entwicklung der Industrie zurückführen, welche für das Einhalten der KSG-Vorgaben des Sektors verantwortlich ist.

⁵⁴ Mehrinvestitionen bezeichnen hier die Gesamtheit der privaten und staatlichen Investitionen, die für die Umsetzung der Klimawende bis 2030 zusätzlich erforderlich sind. Siehe Kapitel 6.1 für weitere Details.

entwicklungsplanung und zur Kernnetz-Finanzierung und die Reform des Klimaschutzgesetzes könnten in den kommenden Jahren Milliardeninvestitionen in das Energiesystem anstoßen. Ob diese Investitionen ausreichen, um Deutschlands höchst ambitionierte Ziele zu erreichen, ist aus heutiger Sicht allerdings unsicher. Mehrere Mechanismen werden Zeit brauchen, bis sie ihre volle Wirkung entfalten. Lokale Widerstände, teils langwierige rechtliche Prozesse und Lieferkettenengpässe bei OEMs verlangsamen den Ausbau. Außerdem fehlt mit der Kraftwerksstrategie derzeit noch ein entscheidendes Gesetzespaket, um die für den Kohleausstieg erforderlichen Investitionen in neue Gaskraftwerke anzureizen.

- Die Einführung von Klimaschutzverträgen und weiteren Förderprogrammen wird Klimainvestitionen in großen Industriesektoren erwartungsgemäß erheblich steigern. Mit der Unterstützung durch öffentliche Fördermittel hat eine Reihe großer Unternehmen in emissionsintensiven Sektoren wie Stahl, Baustoffe und Grundstoffchemie für die kommenden Jahre ambitionierte Transformationsinvestitionen in den klimafreundlichen Umbau

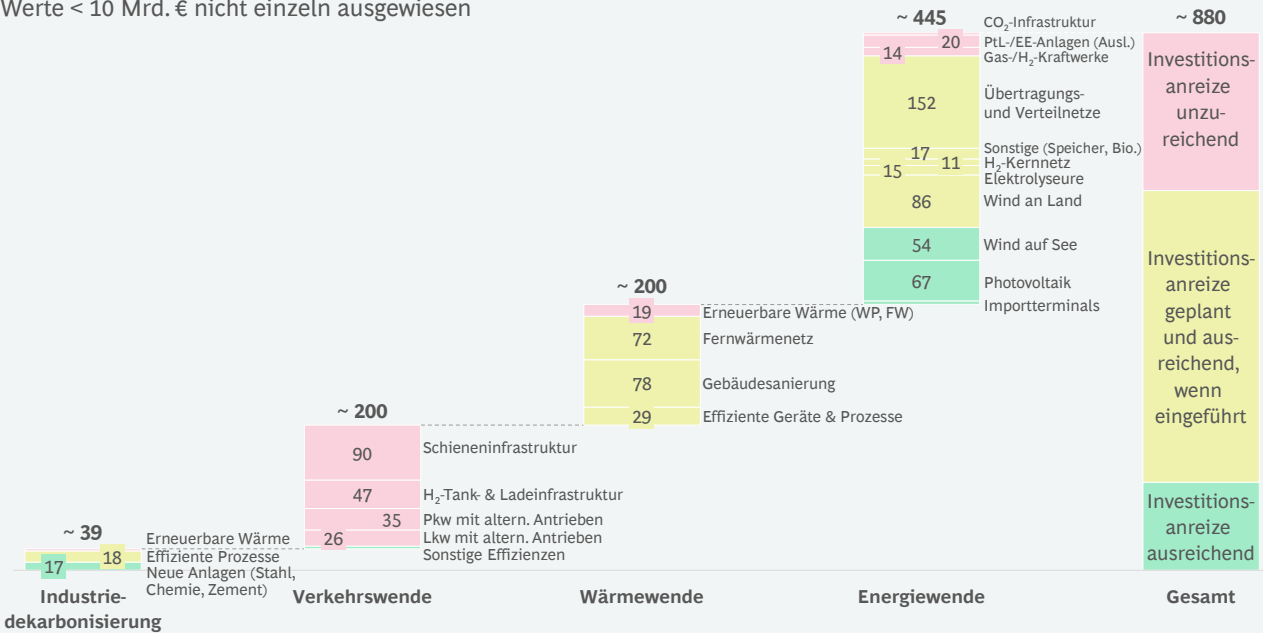
der eigenen Anlagenbasis angekündigt. Zudem haben hohe Energiepreise für eine Beschleunigung von Effizienzinvestitionen gesorgt. Programme wie die kürzlich eingeführten Klimaschutzverträge und die Wasserstoffauktionen der European Hydrogen Bank und von H2Global werden dazu beitragen, dass diesen Ankündigungen weitere folgen. Trotz dieser Programme gibt es in mehreren Industriesektoren angesichts der insgesamt ungewissen Wirtschaftsaussichten und künftigen politischen Rahmenbedingungen jedoch aktuell eine erhebliche Investitionszurückhaltung, die die Erreichung der öffentlich kommunizierten Ziele unsicher macht. Außerdem fehlen derzeit noch ausreichende Anreize für eine Umstellung industrieller Wärmeerzeugung auf nicht fossile Energiequellen in der Breite. Insbesondere die Elektrifizierung des Wärmebedarfs im Hochtemperaturbereich steht aktuell noch vor enormen technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen.

- GEG und BEG werden Investitionen in die Wärme-wende voraussichtlich erheblich beschleunigen – vorbehaltlich ausreichender Finanzausstattung mit öffentlichen Fördermitteln. Mit der Novellie-

880 Mrd. Euro Klima-Mehrinvestitionen erforderlich – Klimaregulatorik lückenhaft

ABBILDUNG 32 | Erforderliche Mehrinvestitionen zur Umsetzung der Klimawende, Reife regulatorischer Anreize

Kumulierte Mehrinvestitionen 2024 – 2030 (in Mrd. € real 2023)
Werte < 10 Mrd. € nicht einzeln ausgewiesen



Größte Anpassungen im Vergleich zur Darstellung aus „Klimapfade 2.0“

Darstellung der Investitionen als *reale Preise 2023* anstatt von 2019 real

Höhere Investitionen in *Schieleninfrastruktur* durch umfassendere Berücksichtigung des Investitionsstaus

Höhere Investitionen in *Windkraft* durch höhere Ausbauziele

Quelle: Analyse BCG und IW

nung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und der Anpassung der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurden wirkungsvolle Maßnahmen beschlossen, die in den kommenden Jahren Investitionen in Wärmepumpen und erneuerbare Wärmelösungen deutlich beschleunigen sollten. Gleichzeitig werden erforderliche Effizienzmaßnahmen bei Gebäuden noch unzureichend mit Förderung angereizt.⁵⁵ Unstete Fördermechanismen in den letzten Jahren, Deckelungen von Fördersätzen, unerfüllte Ankündigungen⁵⁶ sowie eine unklare Gegenfinanzierung öffentlicher Fördermittelbedarfe erzeugen Unsicherheiten und Attentismus bei Hauseigentümern, was die Zielerreichung bis 2030 gefährden könnte. Außerdem bleibt der Ausbau der Fernwärme, unterstützt durch die kommunale Wärmeplanung und die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), aktuell hinter den Erwartungen zurück.

- **Die Regulierung zur Beschleunigung der Verkehrswende ist deutlich unzureichend.** Deutschland hat in den letzten Jahren umfangreiche Maßnahmen zur Stärkung der Schiene und damit auch zum Verkehrsträgerwechsel vorangebracht, treibt die aus Emissionssicht erheblich gewichtigere Antriebswende im Straßenverkehr und den Hochlauf CO₂-armer Kraftstoffe aktuell aber kaum voran. Maßnahmen wie das Deutschlandticket, die Eigenkapitalerhöhung der Deutschen Bahn und die Bereitstellung weiterer Finanzmittel für die Ausbauoffensive der Schieneninfrastruktur werden mittelfristig zu einer Verkehrsverlagerung von Personen und Gütern auf die Schiene beitragen, haben (vor allem) kurzfristig jedoch nur begrenzte Auswirkungen auf die Emissionen des Sektors. Voraussetzung für die mittelfristige Verlagerung auf die Schiene ist die konsequente Umsetzung der Ausbauoffensive, um die aktuell in großen Teilen marode Schieneninfrastruktur zu erneuern. Die Beschleunigung des mit Abstand größten Hebels zur Senkung von Verkehrsemissionen, des Wechsels auf alternative Antriebe im Straßenverkehr, hat in den letzten beiden Jahren eher Rückschritte gemacht. Für den Ausbau der Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur, die bis zum Jahr 2030 etwa 47 Mrd. Euro benötigt, sind die aktuellen Förderprogramme deutlich unterfinanziert. Die Förderung alternativer Antriebe für Lkw und Pkw wurde im Rahmen der Konsolidierung der Klimaschutzmaßnahmen deutlich zurückgefahren und in großen Teilen sogar ganz gestrichen. Für den Einsatz grüner Kraftstoffe wurden zwar (europäische) Quoten festgesetzt. Diese bieten allerdings nach heutigem Stand nicht einmal für den Luft-

und Seeverkehr ausreichende Investitionsanreize in innovative Technologien wie E-Fuels. Unter der aktuellen Regulierung wird der Verkehrssektor seine bislang geltenden Emissionsziele daher deutlich verfehlen, was auch aus volkswirtschaftlicher Sicht mittelfristig erhebliche negative Konsequenzen haben könnte.

Selbst mit der bestehenden Regulierung müssen sich der klimafreundliche Umbau der Energieinfrastruktur und das Angebot an erneuerbaren Energieträgern erheblich beschleunigen. Deutschland muss in den nächsten Jahren enorme Investitionen in Stromnetze, Erneuerbare, neue Infrastrukturen für Wasserstoff und CO₂ sowie die Lade- und H₂-Tankinfrastruktur mobilisieren, um die Grundlagen für den klimafreundlichen Umbau der Wirtschaft zu legen. Regulatorische Anreize für diese Investitionen haben in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Dennoch sollte der tatsächliche Ausbau überall erheblich beschleunigt werden.

- **Die Ausbaugeschwindigkeit von Stromnetzen und Erneuerbaren müsste sich annähernd verdoppeln.** Schon heute reichen die bestehenden Stromnetze nicht aus, um ausreichend erneuerbaren Strom aus dem Norden in den Süden Deutschlands zu transportieren. Der Netzentwicklungsplan (NEP) Strom 2023 – 2037/2045 sieht ambitionierte Ausbauziele zur Verbesserung der Übertragungsleistung vor. Die konkreten Ziele, bis 2045 gegenüber dem bestehenden Bundesbedarfsplan jeweils 4.800 Kilometer neue Leitungen und rund 2.500 Kilometer Verstärkung bereits vorhandener Verbindungen zu errichten, werden bei der aktuellen Ausbaugeschwindigkeit jedoch deutlich verfehlt. Auch die Verteilnetze müssen in den nächsten Jahren aufgrund eines starken Anstiegs der Zahl dezentraler Erzeuger und erhöhter Elektrifizierung schneller ausgebaut werden. Gleiches gilt für den Ausbau von erneuerbarer Stromerzeugung, vor allem Wind, wobei die Ausbaugeschwindigkeit hier bereits höher als bei den Stromnetzen ist. Um die Investitionen in diese Ausbauten in Zukunft möglichst effizient zu gestalten, sollten sie weitgehend synchronisiert getätigt und durch fortlaufende Robustheitschecks überprüft werden, um die richtige Dimensionierung sicherzustellen (siehe dazu Kapitel 5.1.1).
- **Auch der Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur muss sich erheblich beschleunigen.** Die Bundesregierung hat sich vorgenommen, bis 2030 eine Million öffentliche Ladepunkte in Deutschland bereitzustellen. Um dieses Ziel noch zu erreichen,

⁵⁵ Maßnahmen wie eine gestufte Pflicht zur Erstellung von Sanierungsfahrplänen wurden bisher nicht umgesetzt.

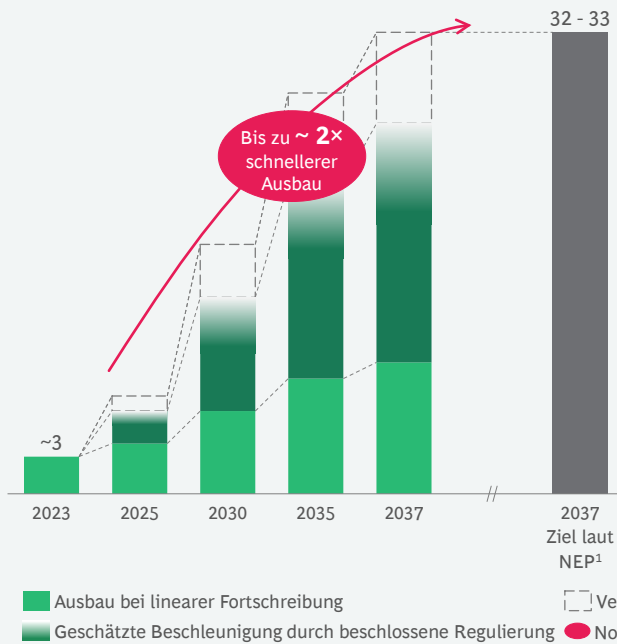
⁵⁶ Beispielsweise die unerfüllte Ankündigung zur Anhebung der Hüllensanierung-Fördersätze (Maßnahmenpaket Bauen, Sept./Dez. 2023).

Ausbaugeschwindigkeit der Stromnetze muss sich annähernd verdoppeln

ABBILDUNG 33 | Ausbau der Stromübertragungs- und -verteilnetze von 2023 bis 2037

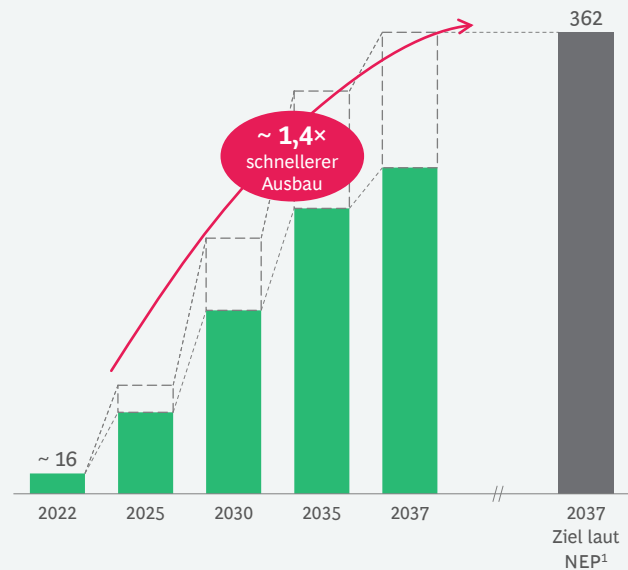
Übertragungsnetz-Ausbau

(in Tsd. km Trassenlänge, kumuliert)



Verteilnetz-Ausbau

(in Tsd. km Trassenlänge, kumuliert)



1. Inkludiert zuzüglich zu den NEP-Zubau- und NEP-Startnetzmaßnahmen bereits heute gesetzlich (EnLAG und BBPlG) vorgesehene, bislang nicht gestartete, aber bis 2037 zu finalisierende Übertragungsnetzvorhaben

Quelle: BDEW (2023); dena (2023); Fraunhofer ISE (2023); KNDE (2023); Bundesnetzagentur (2024); Netzentwicklungsplan 2023 (Entwurf); Analyse BCG und IW

müsste die aktuelle Ausbaugeschwindigkeit etwa versechsfacht werden.⁵⁷ Auch der Ausbau des Deutschlandnetzes verläuft aktuell langsamer als geplant. Besonders dringlich ist die Beschleunigung des Hochlaufs einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur für Lkw, die aktuell Nutzer und Energieversorger vor noch ungelöste Herausforderungen insbesondere hinsichtlich der erforderlichen Netzanschlüsse stellt.

- **Das Wasserstoff-Kernnetz steht vor dem ersten „Spatenstich“, die Versorgung mit CO₂-armen Molekülen ist aber noch sehr unsicher.** Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie, der EnWG-Novelle und dem Wasserstoff-Kernnetz-Entwurf wurden wichtige Rahmenbedingungen geschaffen, um deutsche Prozessindustrien zukünftig mit Wasserstoff versorgen zu können. Der aktuelle Antrag der Fernnetzbetreiber zum Wasserstoff-Kernnetz sieht bis 2037 ein rund 9.700 Kilometer langes Wasserstoffnetz vor, das alle wesentlichen Abnehmer mit möglichen Produzenten und Importrouten verbind-

det. Allerdings dürfte sich die Versorgung mit erneuerbarem und CO₂-armem Wasserstoff selbst bei planmäßiger Fertigstellung der Wasserstoffinfrastruktur schwierig gestalten. So würden bei einer Fortschreibung der aktuellen Ausbaugeschwindigkeit⁵⁸ bis 2030 höchstens 2 GW nationaler Elektrolyseurleistung realisiert – etwa ein Fünftel des aktuellen Ziels. Die Kapazitäten der derzeit angekündigten internationalen Projekte zum Hochlauf von PtX-Kraftstoffen bleiben sogar noch weiter hinter dem vorhergesagten Bedarf zurück.

- **Pläne für eine CO₂-Infrastruktur existieren nur schemenhaft, und die Carbon-Management-Strategie der Bundesregierung steht weiterhin aus.** Zur Erreichung von Treibhausgasneutralität und perspektivisch von Negativemissionen wird Deutschland auch die Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ (Carbon Capture, Utilization, and Storage [CCUS]) sowie CO₂-Entnahme (Carbon Dioxide Removal [CDR]) benötigen. Der schnelle Ausbau einer CO₂-Infrastruktur ist für den Hochlauf

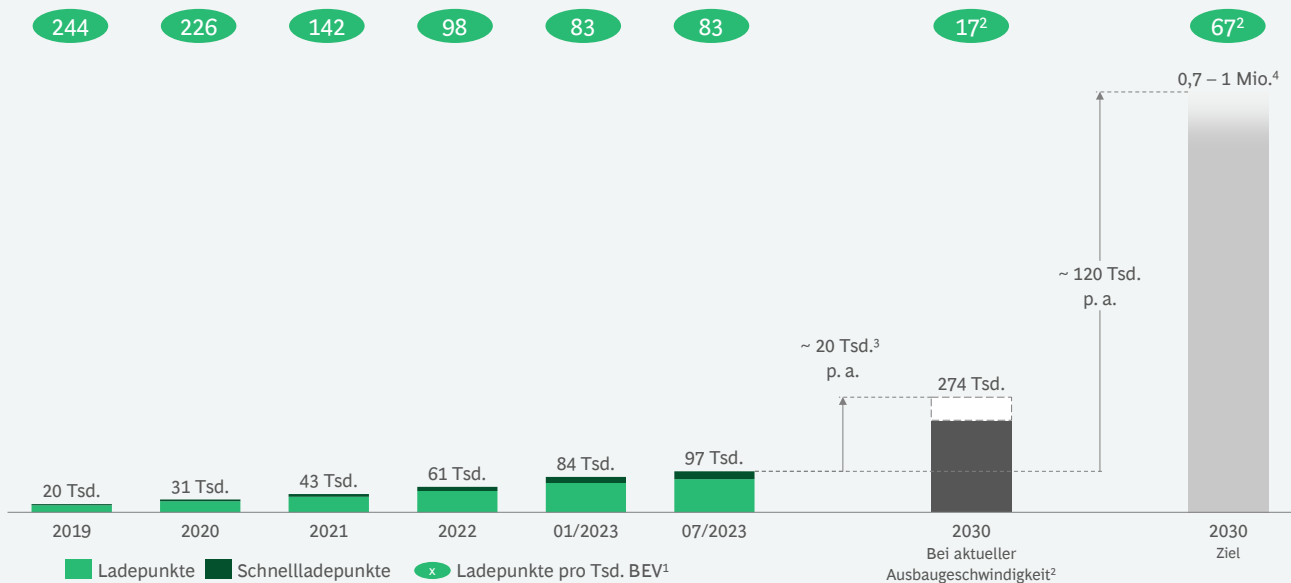
⁵⁷ Das Ziel der Bundesregierung ist aktuell in der Diskussion. Anstelle einer spezifischen Anzahl von Ladesäulen könnte zukünftig verstärkt auf die verfügbare Ladeleistung und ausreichende Flächenabdeckung abgezielt werden (siehe Kapitel 5.1.2). In jedem Fall ist die aktuelle Ausbaugeschwindigkeit unzureichend.

⁵⁸ Fortschreibung der Ausbaudynamik der letzten Jahre hochskaliert bis 2030, siehe: IEA (2023a).

Die Ausbaugeschwindigkeit der Ladeinfrastruktur müsste sich versechsfachen

ABBILDUNG 34 | Öffentliche Ladepunkte in Deutschland 2019 – 2030

Kumulierte Ladepunkte bis 2030 verglichen mit Zielsetzung
Gesamt (in Tsd.) und pro Tsd. BEV



1. Exkl. Plug-in-Hybriden (da nicht Teil des 2030 EV-Ziels 2030 und oft mit geringer Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur) 2. Auf Basis des Ziels von 15 Mio. BEVs in 2030 3. Durchschnitt aus 16 Tsd. p. a. auf Basis durchschnittlicher Wachstumsrate Januar 2019 – Januar 2023 bzw. 24 Tsd. p. a. auf Basis Januar 2022 – Januar 2023 4. 0,7 Mio.: Referenzszenario der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur (2020)
Hinweis: Fortschrittsmessung entlang kommunizierter Ziele der Bundesregierung (1 Mio. bis 2030), Leistung und Dichte von Ladepunkten gesondert zu betrachten
Quelle: Bundesnetzagentur (2023); Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022); Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2020); Bloomberg (2023); Analyse BCG und IW

dieser Technologien von entscheidender Bedeutung.⁵⁹ Das im Frühjahr 2024 veröffentlichte Eckpunktepapier der Bundesregierung skizziert erste Pfeiler einer Carbon-Management-Strategie – ein klares Zielszenario, ein kosteneffizienter CO₂-Netzausbauplan⁶⁰ sowie klare Förderrichtlinien und rechtliche Rahmenbedingungen für Entnahme, Transport, Nutzung und Speicherung von CO₂ fehlen bislang jedoch.⁶¹

1.4 Im Gegensatz zu vorherigen Krisen ist die aktuelle strukturell – und braucht strukturelle Antworten

Deutschland steht vor mehreren strukturellen Herausforderungen – die sich zu einer Polykrise verdichten haben. Der deutsche Wirtschaftsstandort hat in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl von Krisen erfolgreich überwunden. Im Gegensatz zu früheren Krisen hat die aktuelle allerdings mehrere Ursachen – und viele davon sind struktureller Natur. Rezessionen wie zum Beispiel infolge der Ölpreiskrisen in den 1970er Jahren oder des Platzens der Dotcom-Blase im Jahr 2000 hatten jeweils eine dominierende Ursache. Sie entstanden vor allem durch einen – oft externen – Schock, dessen Auswirkungen sich isoliert adressieren oder „aussitzen“ ließen. Für die aktuelle Krise gilt das nicht. Mit teurer Energie, Klimakrise, demografischem Wandel und steigenden geopolitischen Risiken steht Deutschland vor einer ganzen Reihe fundamentaler Herausforderungen.

⁵⁹ Carbon Capture and Storage (CCS) wird auf einem Nullemissionspfad mindestens zur Reduktion unvermeidbarer Prozessemissionen (z. B. in der Zementproduktion) sowie zur Erreichung negativer Emissionen (z. B. durch CO₂-Abscheidung bei der Verbrennung von Biomasse) benötigt. Darüber hinaus kann das so gewonnene CO₂ als Feedstock für industrielle Prozesse in der Chemie genutzt werden (Carbon Capture and Utilization – siehe Kapitel 4.2 und 5.2).

⁶⁰ Der Kabinettsbeschluss zur Novelle des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes (KSpG) hat bereits Verbesserungen, insbesondere Beschleunigungspotenziale im Bereich des Pipelinebaus, aufgegriffen, die noch vom Parlament beschlossen werden müssen. Jedoch sieht die Novelle kein De-Risking-Instrument vor, was die Finanzierung der CO₂-Infrastruktur erschwert. Anforderungen an eine CO₂-Infrastruktur in Deutschland wurden bspw. in der gleichnamigen Studie vom VDZ detailliert. Siehe: VDZ (2024a).

⁶¹ Zur Novelle des KSpG siehe: Deutscher Bundestag (2022).

Die bisherige Erfolgsformel des deutschen Industriestandortes trägt nicht mehr. Vier zentrale Pfeiler haben den wirtschaftlichen Erfolg der deutschen Industrie in den letzten Jahrzehnten getragen: Günstige Energie, ein reiches Angebot an hochqualifizierten und -produktiven Fachkräften, ein deutlicher Technologievorsprung in großen Sektoren wie Auto, Pharma, Maschinen- und Anlagenbau und ein immer besserer Zugang zu internationalen Absatzmärkten – wobei Letzteres eine entscheidende Voraussetzung für den Aufbau des deutschen Exportüberschusses war. Alle diese Pfeiler sind in den letzten Jahren ins Wanken geraten. Die Zeit günstiger fossiler Energieimporte ist mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine auf absehbare Zeit zu Ende gegangen. Die demografische Krise reißt noch in dieser Dekade eine erhebliche Fachkräftelücke. Der deutsche Technologievorsprung wird zumindest in manchen Märkten erheblich an Relevanz verlieren (v. a. bei Verbrennungsmotoren). Zudem steht der offene Welthandel durch wachsende geopolitische Spannungen und Protektionismus stark unter Druck. Zwar treffen manche dieser Entwicklungen auch einige internationale Wettbewerber. Deutschland ist in Summe aber erheblich härter betroffen.

Deutschland muss strukturell in die Wettbewerbsfähigkeit seines Wirtschaftsstandortes investieren. Für viele der Herausforderungen, vor denen Deutschland steht, gibt es keine kurzfristigen und einfachen Lösungen. Deutschland muss strukturelle Antworten finden, um seinen Wirtschaftsstandort wieder wettbewerbsfähig zu machen.

- **Deutschland muss seine Energiepreise wieder wettbewerbsfähiger machen.** Eine Rückkehr zur „alten Welt“ günstiger fossiler Energie ist nicht in Sicht. Deshalb muss die Politik eine möglichst kosteneffiziente und versorgungssichere Umsetzung der Energiewende sicherstellen (inkl. des Ausbaus und der Synchronisierung von Netzen, Erneuerbaren, Speichern und gesicherter Leistung), um auf diesem Wege Energiekosten wieder wettbewerbsfähiger zu machen und damit den Erhalt der industriellen Basis zu sichern.
- **Deutschland muss die Fachkräftelücke schließen.** Der absehbare Mangel an Fachkräften ist eine der größten Bedrohungen für Deutschlands zukünftiges Wachstum. Die Adressierung dieser Bedrohung wird eine nationale Bildungsoffensive, qualifizierte Zuwanderung und Digitalisierung erfordern – und eine höhere Teilhabe der arbeitsfähigen Bevölkerung am Arbeitsmarkt.
- **Deutschland muss Innovationsführer bleiben.** Deutsche Unternehmen verfügen dank starker Forschung und Innovationskraft über eine gute Ausgangslage, um neue Technologievorsprünge aufzubauen und damit die Grundlage für zukünftiges Wachstum am Standort zu schaffen. Dafür sollte Deutschland noch mehr in Forschung und Innovation investieren – vor allem in zentralen Zukunfts- und Schlüsseltechnologien.
- **Deutschland muss internationale Abhängigkeiten reduzieren.** Risiken aufgrund geopolitischer Spannungen werden in den kommenden Jahren voraussichtlich nicht abnehmen. Um diese zu reduzieren, sollte Deutschland kritische Abhängigkeiten minimieren, etwa durch die Stärkung der heimischen Rohstoffgewinnung und -weiterverarbeitung und heimischer Vorprodukte sowie den Aufbau von neuen Importpartnerschaften.
- **Deutschland muss seine Infrastrukturen modernisieren.** Eine starke Infrastruktur ist das Rückgrat des Wirtschaftsstandorts. Gleichzeitig braucht Deutschland neue Infrastrukturen, um die Grundlagen für eine klimaneutrale Wirtschaft zu schaffen. Daher müssen Investitionen in die digitale Infrastruktur sowie in Strom-, Wasserstoff- und Lade- und H₂-Tankinfrastrukturen massiv ausgeweitet werden. Außerdem braucht die Industrie besseren Zugang zu erneuerbaren Elektronen und Molekülen, um sich dekarbonisieren zu können.
- **Die Politik muss Unternehmen von bürokratischen Fesseln befreien.** Die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Industriestandorts wiederherzustellen erfordert eine historische Transformation. Diese Transformation kann nur gelingen, wenn Investitionen in neue Infrastruktur, neue Produktionsstandorte, die Modernisierung von Anlagen und vieles mehr zukünftig erheblich schneller genehmigt werden.



Rund ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung steht mittelfristig unter Druck

Drei Entwicklungen gefährden die industrielle Wertschöpfung in Deutschland – und verursachen für den Standort in Summe ein erhebliches Deindustrialisierungsrisiko. Erstens droht in energieintensiven Sektoren eine schleichende Abwanderung von Produktion und Investitionen, da die hohen Energiekosten infolge der Energiekrise für heimische Produzenten zu einem strukturellen Wettbewerbsnachteil geführt haben. Zweitens stehen die Automobilindustrie – Deutschlands größter Industriesektor – und mehrere Sektoren im Maschinen- und Anlagenbau vor einer enormen Transformationsherausforderung, da ihr etablierter Vorsprung in fossilen Technologien obsolet zu werden droht. Drittens ist ein etwa ebenso großer Teil der Industrie durch die starke Verflechtung in gemeinsamen Industrieverbünden von diesen Sektoren abhängig – und droht damit einen erheblichen Teil seines Absatzmarktes zu verlieren.

2.1 Die Energiekrise hat für energieintensive Industriesektoren einen strukturellen Wettbewerbsnachteil geschaffen

Die Energiekrise infolge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine hat die Energiekosten für die gesamte deutsche Industrie deutlich erhöht. Lag der durchschnittliche Day-ahead-Großhandelspreis für Gas 2019 noch bei etwa 18 €/MWh, belief er sich 2022, also im Jahr des Kriegsausbruchs, mit durchschnittlich 130 €/MWh auf mehr als das Siebenfache.⁶² Auch die Großhandelsstrompreise stiegen von knapp 38 €/MWh auf durchschnittlich rund 235 €/MWh und damit um mehr als den Faktor sechs.⁶³ Obwohl sich die Lage am europäischen Energiemarkt inzwischen wieder deutlich entspannt hat (siehe Kapitel 1.3.1), sind die industriellen Energiepreise noch lange nicht wieder auf das Vorkrisenniveau zurückgekehrt.⁶⁴

Die hohen Energiepreise belasten energieintensive Grundstoffindustrien überproportional. Bereits vor der Energiekrise mussten Unternehmen in Sektoren wie der Grundstoffchemie, der Stahl-, Aluminium- oder Baustoffindustrie im Schnitt rund 5 % ihrer gesamten Kosten für Energie aufwenden.⁶⁵ Für einzelne Produktionsschritte wie die Herstellung von Primäraluminium lagen diese Kosten anteilig mit bis zu über 30 % sogar noch deutlich höher. Die Energiekrise hat in diesen

⁶² EEX (2024).

⁶³ BNetzA (2024).

⁶⁴ Siehe auch BDI, BCG und IW (2023).

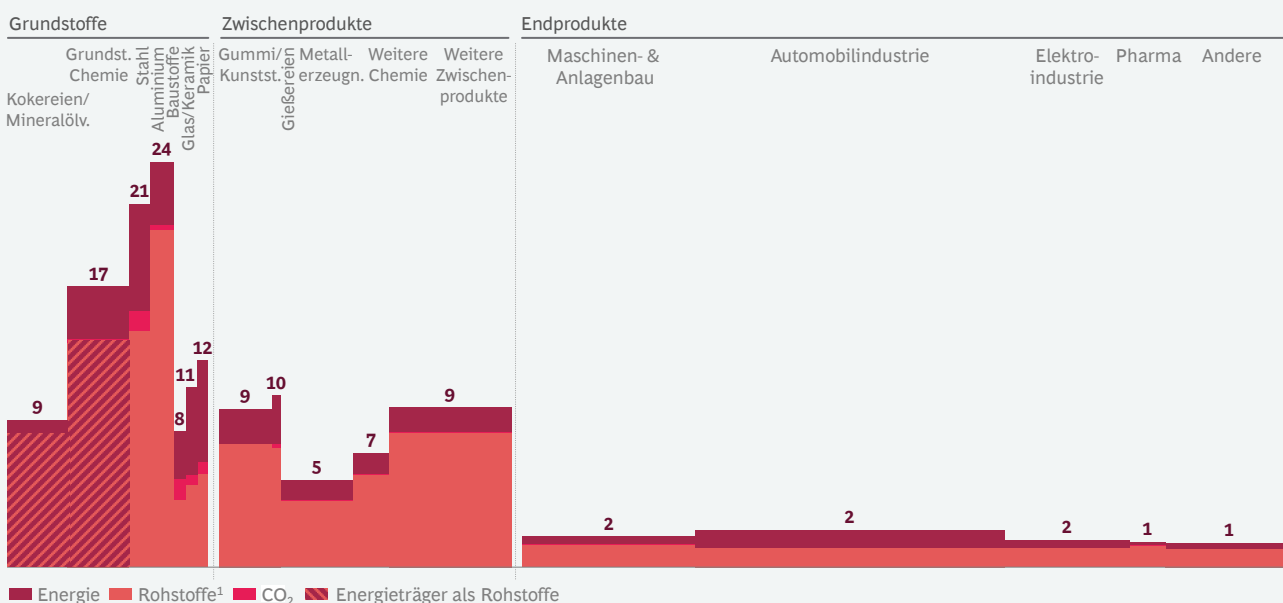
⁶⁵ Kostenstrukturen basierend auf Gesamtindustriedaten des Statistischen Bundesamts – siehe auch Abbildung 111 im Appendix.

Die Energiekrise hat die Produktionskosten erhöht – nicht nur bei Grundstoffen

ABBILDUNG 35 | Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland je Sektor zwischen 2019 und 2023

Rohstoffkostensteigerungen in Deutschland 2019 bis 2023

Höhe der Balken: Kostenanstieg (in %), Breite der Balken: Bruttoproduktionswert in 2019 (in Mrd. €)



1. Inklusive Einsatz an Handelsware

Hinweis: Schraffierung bei Grundstoffchemie und Kokereien basierend auf Nutzung von Energieträgern als Rohstoffe; Rundungsdifferenzen möglich; CO₂-Kosten in Kostenstruktur über Energiekosten abgedeckt; Aluminium als Indikator für NE-Metalle; WZ08.26–27 für Elektroindustrie; WZ08.10, 08.13, 08.16 für weitere Zwischenprodukte, verbleibende WZ08.C-Steller für weitere Endprodukte

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Verbandsdaten; Experteninterviews; Analyse BCG und IW

Sektoren zu einem erheblichen Kostenanstieg geführt und ihre Wettbewerbsfähigkeit stark belastet. Zwischen 2019 und 2023 stiegen die Produktionskosten ganzer Sektoren im Schnitt um bis zu mehr als einem Viertel. Sogar in manchen weiterverarbeitenden Branchen wie Gießereien nahmen die Kosten um bis zu 10 % zu (siehe Abbildung 35).

Produzenten in China und den USA waren von diesem Kostenanstieg nicht annähernd im gleichen Maße betroffen. Zwar hatten auch internationale Wettbewerber mit den Turbulenzen an globalen Energiemärkten zu kämpfen. Vor allem der Ausfall des russischen Pipeline-Gases traf sie jedoch nicht annähernd im selben Umfang. In manchen Branchen war der durchschnittliche Produktionskostenanstieg für deutsche Hersteller rund achtmal so hoch wie bei Wettbewerbern in den USA und China, was vor allem in handelsintensiveren Sektoren für erhebliche Wettbewerbsnachteile gesorgt hat. Am stärksten war dieser Effekt in der Grundstoffchemie, in der deutsche Produzenten im Vergleich zu

Herstellern aus den USA und China einen um durchschnittlich rund 15 Prozentpunkte höheren Kostenanstieg zu verkraften hatten (siehe Abbildung 36).⁶⁶

Der Kostennachteil deutscher Produzenten hat wahrscheinlich auch bis zum Ende der Dekade noch Bestand. Die „alte Welt“ günstiger fossiler Energie kommt aller Wahrscheinlichkeit nach nicht zurück. Durch den Ausfall Russlands als Gaslieferant wird Deutschland noch lange Zeit auf teurere LNG-Importe⁶⁷ angewiesen sein. Da die Abhängigkeit vom LNG-Markt langfristig bestehen bleiben wird, wird Deutschland sich auch zukünftig dem Risiko struktureller Preisschwankungen ausgesetzt sehen. Die fortschreitende Energiewende wird den Preiseffekt zumindest am Strommarkt zwar nach und nach reduzieren. Eine Rückkehr zu alten Preisniveaus ist aus heutiger Sicht dennoch nicht zu erwarten (siehe auch Kapitel 1.4). Gleichzeitig steigen durch höhere effektive CO₂-Preise am EU-ETS 1 und durch das ETS 2 sowie die beginnende Umstellung auf erneuerbare Energieträger

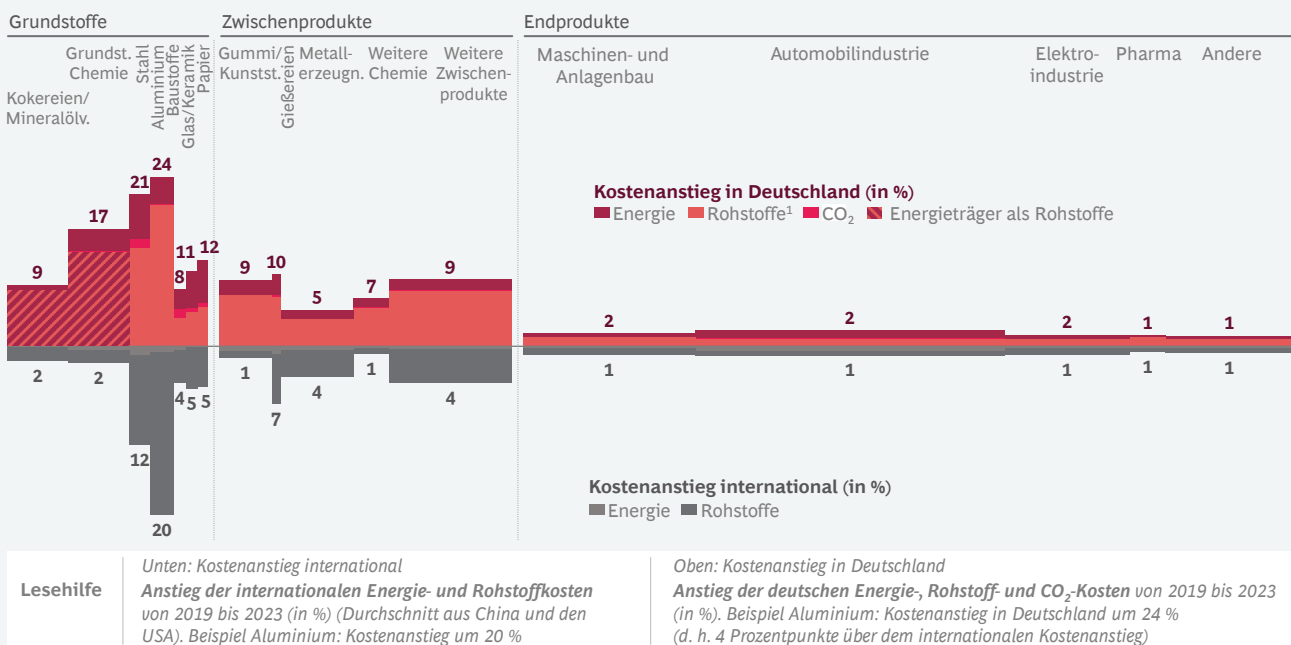
⁶⁶ Die Abbildungen 36 und 37 zeigen jeweils in Rot die Kostenanstiege bei Energie, Rohstoffen und CO₂ in Deutschland zwischen 2019 und 2023. In diesen Abbildungen sind auch die zeitgleichen Kostenanstiege globaler Wettbewerber in Grau (nach unten ausspannend) zu sehen. Am Beispiel der Aluminiumindustrie in Abbildung 36: International sind die Energie- und Rohstoffkosten von 2019 bis 2023 um 20 % gestiegen, in Deutschland in diesem Zeitraum jedoch um 24 %.

⁶⁷ Die LNG-Preise haben sich zwar seit der Energiekrise im Jahr 2022 entspannt, sie werden jedoch voraussichtlich mittelfristig über dem Preisniveau von Pipeline-Erdgas aus Russland liegen. Die Erdgasnachfrage wird bis mindestens 2030 global weiter ansteigen (IEA [2023b]), weshalb eine deutliche Preissenkung nicht abzusehen ist.

Kostenanstieg trifft Deutschland aktuell erheblich stärker als globale Wettbewerber

ABBILDUNG 36 | Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland und international je Sektor zwischen 2019 und 2023

Kostenanstieg entlang der Grundstoffe, Zwischen- und Endprodukte in Deutschland gegenüber internationalen Wettbewerbern | 2019 – 2023 durch Energie-, CO₂ und Rohstoffkostenanstiege; Höhe der Balken: Kostenanstieg (in %), Breite der Balken: Bruttoproduktionswert in 2019 (in Mrd. €)



1. Inklusive Einsatz an Handelsware | Hinweis: Schraffierung bei Grundstoffchemie und Kokereien basierend auf Nutzung von Energieträgern als Rohstoffe; Rundungsdifferenzen möglich; internationale Kostenanstiege über den durchschnittlichen Kostenanstieg in den USA und China approximiert; keine „Landed Costs“; CO₂-Kosten in Kostenstruktur über Energiekosten abgedeckt; Aluminium als Indikator für NE-Metalle; WZ08.26–27 für Elektroindustrie; WZ08.10, 08.13, 08.16 für weitere Zwischenprodukte, verbleibende WZ08.C-Steller für weitere Endprodukte
 Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Verbandsdaten; Experteninterviews; Analyse BCG und IW

wie Wasserstoff die Belastungen an anderer Stelle an. Auch im Jahr 2030 haben deutsche Produzenten in energieintensiven Grundstoffsektoren gegenüber Wettbewerbern in China und den USA weiter einen zusätzlichen Kostennachteil von bis zu 15 Prozentpunkten zu verkraften. Am höchsten ist dieser Effekt in Grundstoffchemie und Stahl, wo vor allem der wachsende Einsatz von (grünem) Wasserstoff neue Kostensteigerungen verursacht (siehe Abbildung 37).

2.2 Mehrere weiterverarbeitende Sektoren sind von einem anstehenden Technologiewandel in ihrer Wettbewerbsfähigkeit bedroht

Produzenten am Ende der Wertschöpfungskette sind von der Energiekrise erheblich weniger direkt betroffen – sondern vor allem indirekt durch gestiegene Materialkosten. Auf weiterverarbeitende Sektoren wirken sich

die steigenden Energiekosten deutlich weniger aus, da ihr Energiekostenanteil durchschnittlich unter 1 % liegt. Sie spüren die Energiekrise allerdings indirekt durch gestiegene Materialkosten in ihrer Vorkette.⁶⁸ Außerdem steigen durch die absehbare Einführung des CBAM gegen Ende der Dekade auch die Kosten importierter Materialien an. Dennoch bleibt der relative Kostennachteil gegenüber internationalen Wettbewerbern deutlich geringer. Er liegt in den meisten Sektoren Ende der Dekade bei unter einem Prozent. Lediglich die Automobilproduktion hat einen Kostennachteil von rund 3 % zu überwinden, zumindest sofern die stromintensive Batteriezellproduktion in Deutschland erfolgt (siehe Abbildung 37).⁶⁹

Allerdings sind zumindest Teile dieser Sektoren von einem anstehenden Technologiewandel bedroht. Deutschland hat über Jahrzehnte große Industrien auf Technologien aufgebaut, die in den kommenden beiden Dekaden erheblich an Relevanz verlieren werden. Dazu zählen vor allem Verbrennungsmotoren, aber auch Technologien im fossilen Anlagenbau – von Gas-

⁶⁸ Zudem vergrößert sich für Unternehmen mit geringeren Entlastungen der internationale Strompreinsnachteil perspektivisch (siehe Kapitel 1.3.1). Darüber hinaus werden sich Energieintensitäten und Kostenstrukturen in manchen Sektoren mit neuen Produktionsverfahren verändern – insbesondere in der Automobilindustrie, die mit der Batterieproduktion Energieintensitäten von bis zu 8 % erreichen kann (Verbrennerproduktion: ~ 4 %).

⁶⁹ Zur Ansiedlung der Batterieproduktion sollten geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden (siehe Kapitel 5.1.6.). So stellt bspw. das hohe deutsche Strompreinsniveau hierfür aktuell ein Hemmnis dar.

heizungen für Privathaushalte bis zu großen Energieanlagen für die Industrie. Deren Wertschöpfung ist durch die anstehende Technologietransformation hin zu Elektroautos, Wärmepumpen, Power-to-Heat und anderen erneuerbaren Technologien zukünftig bedroht. So wird sich z. B. der Weltmarkt für Verbrenner-Pkw nach aktuellen Prognosen bis 2035 von heute rund 70 Mio. auf unter 30 Mio. Fahrzeuge pro Jahr mehr als halbieren.⁷⁰

Ein Misslingen der Technologietransformation wäre für Deutschland ein noch höheres Deindustrialisierungsrisiko als hohe Energiepreise in den Grundstoffsektoren. Allein der Automobilsektor ist mit einem Anteil von knapp einem Fünftel an der gesamten deutschen Industriewertschöpfung und rund 5 % am gesamten deutschen BIP größer als alle Grundstoffindustrien zusammen. Eine gescheiterte Automobiltransformation würde daher für die zukünftige deutsche Industrieproduktion gravierende Auswirkungen haben und durch die engen Wertschöpfungsgewebe mit anderen Industrien auch die Transformation der Grundstoffindustrien und Zwischenprodukte stark beeinflussen.

2.3 Durch enge Lieferbeziehungen sind mögliche Produktionsrückgänge in einzelnen Sektoren ein Risiko in der Breite des Wertschöpfungsgewebes

Die deutsche Industrie ist durch enge Lieferbeziehungen und eine starke Verflechtung verschiedener Industriesektoren gekennzeichnet. Ein Alleinstellungsmerkmal des deutschen Industriestandorts war immer seine tiefe Wertschöpfung entlang gesamter Produktionsketten und die damit verbundene Verflechtung verschiedener Industriesektoren. Durch die von den deutschen Grundstoffsektoren⁷¹ und weiterverarbeitenden Industrien⁷² bezogenen Vorleistungen werden in vielen anderen Branchen indirekte Wertschöpfung und Arbeitsplätze generiert, die teilweise ein Vielfaches der direkten Wertschöpfung und Arbeitsplätze der eigenen Branche ausmachen.

⁷⁰ S&P (2024).

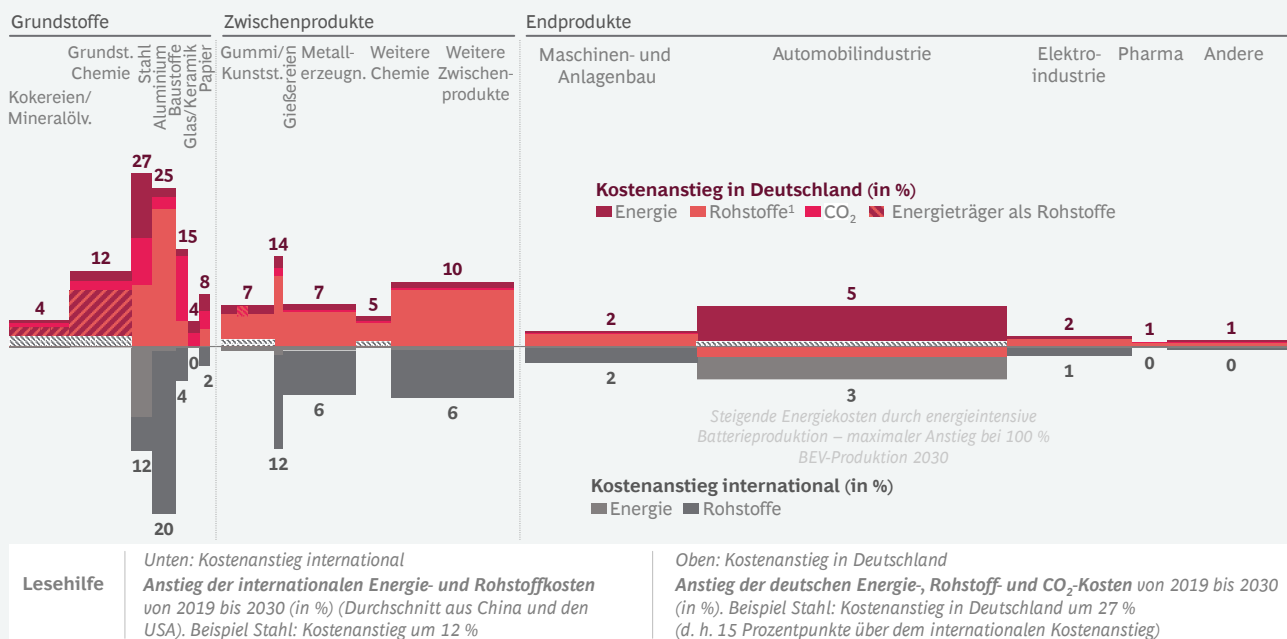
⁷¹ In dieser Studie werden die vier Grundstoffindustrien Chemieindustrie (WZ08.20), Baustoffindustrie (WZ08.23.2–7), Stahlindustrie (WZ08.24.1) und Aluminiumindustrie (WZ08.24.4) im Detail betrachtet.

⁷² In dieser Studie werden die drei weiterverarbeitenden Industrien Elektro- und Digitalindustrie (WZ08.26–27), Maschinen- und Anlagenbau (WZ08.28) und Automobilindustrie (WZ08.29) im Detail betrachtet.

Kostennachteil besteht voraussichtlich bis mindestens Ende der Dekade

ABBILDUNG 37 | Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland und international je Sektor zwischen 2019 und 2030

Kostenanstieg entlang der Grundstoffe, Zwischen- und Endprodukte in Deutschland gegenüber internationalen Wettbewerbern | 2019 – 2030 durch Energie-, CO₂ und Rohstoffkostenanstiege; Höhe der Balken: Kostenanstieg (in %), Breite der Balken: Bruttoproduktionswert in 2019 (in Mrd. €)



1. Inklusive Einsatz an Handelsware | Hinweis: Szenario unter Annahme des Fortbestands der aktuellen Regulierung; Schraffierung bei Grundstoffchemie basierend auf Nutzung von Energieträgern als Rohstoffe; Rundungsdifferenzen möglich; internationale Kostenanstiege über den durchschnittlichen Kostenanstieg in den USA und China approximiert; keine „Landed Costs“; CBAM in Rohstoffkostenanstiegen in Deutschland und international inkludiert (schraffierte Fläche für Aluminium); CO₂-Kosten in Kostenstruktur über Energiekosten abgedeckt; maximal entlastete Strompreise für Batterieproduktion angenommen; Aluminium als Indikator für NE-Metalle; WZ08.26–27 für Elektroindustrie; WZ08.10, 08.13, 08.16 für weitere Zwischenprodukte, verbleibende WZ08.C-Steller für weitere Endprodukte
Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Verbandsdaten; Experteninterviews; Analyse BCG und IW

Allein die Grundstoffsektoren lösen indirekt rund 84 Mrd. Euro zusätzliche Wertschöpfung in Deutschland aus. Durch den Einkauf von Vorleistungen bedingen die großen deutschen Grundstoffsektoren neben ihrer eigenen Produktion entweder in der ersten vorgelagerten Wertschöpfungsstufe (direkt; z. B. Anlagen zur Chemieproduktion, Lkw zum Transport von Gütern oder Dienstleistungen) oder in weiteren vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (indirekt; z. B. Stahl zur Produktion von Chemieanlagen) Produktion in anderen Sektoren. In Deutschland werden auf diese Weise rund 84 Mrd. Euro an Wertschöpfung in anderen Branchen verursacht – das ist beinahe ebenso viel, wie sie selbst erwirtschaften (rund 86 Mrd. Euro, siehe Abbildung 38).⁷³ Die Wirkung auf indirekt geschaffene Beschäftigung ist sogar noch größer (rund 956.000 Arbeitsplätze gegenüber rund 745.000 selbst Beschäftigten). Zusätzlich tragen Grundstoffindustrien, wie beispielsweise die Grundstoffchemie, auch zur Wertschöpfung in nachgelagerten Sektoren, wie etwa der Pharmaindustrie, bei.

Bei der weiterverarbeitenden Industrie ist dieser indirekte Wertschöpfungseffekt sogar noch größer. Rund um traditionelle Wachstumssektoren wie den Automobilsektor, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Elektro- und Digitalindustrie haben sich enge Wertschöpfungsverbünde aus Grundstoffproduzenten, Zulieferern und Dienstleistern entwickelt. Allein diese drei Branchen erwirtschaften neben ihrem direkten Produktionswert von rund 390 Mrd. Euro noch einmal rund 270 Mrd. Euro indirekte Wertschöpfung bei Grundstoffproduzenten, Zulieferern und Dienstleistern. Zudem kommt auf jeden Erwerbstätigen in der deutschen Elektro- und Digital-, Maschinen- und Anlagenbau- sowie Automobilindustrie rund ein weiterer Erwerbstätiger in anderen Sektoren. Insgesamt sind so über 6 Mio. Arbeitsplätze in Deutschland direkt oder indirekt auf diese drei Industrien zurückzuführen (siehe Abbildung 39).

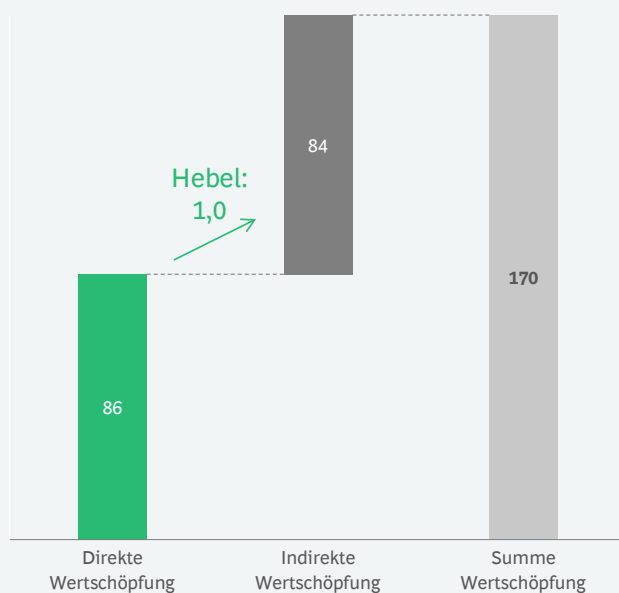
Aufgrund dieser Verflechtung gefährdet ein Rückgang in einem einzelnen Industriesektor zusätzlich auch erhebliche Wertschöpfung in der Breite. Neben der direkten Wertschöpfung der Branche wird auch ein großer Teil der indirekten Wertschöpfung, die durch

⁷³ Dieser indirekte Wertschöpfungseffekt reicht über Deutschland hinaus: In Europa lösen deutsche Grundstoffindustrien indirekte Wertschöpfung von rund 53 Mrd. € aus, weltweit sind es sogar rund 195 Mrd. €.

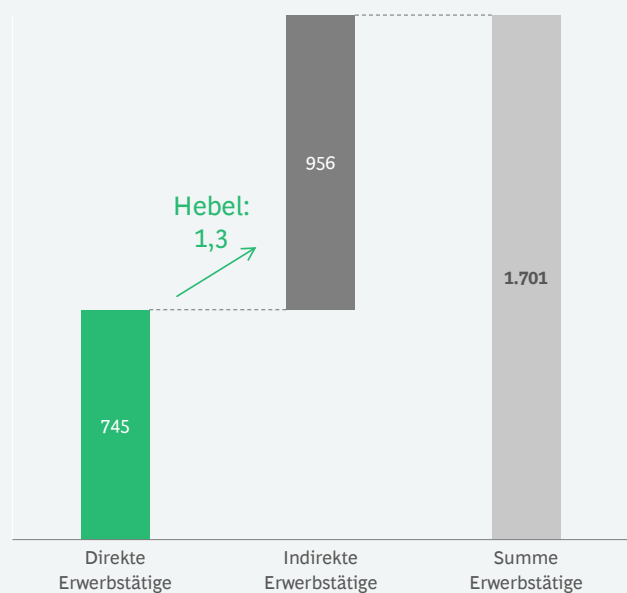
Grundstoffindustrien lösen erhebliche indirekte Wertschöpfung aus

ABBILDUNG 38 | Direkte und indirekte Wertschöpfung und Arbeitsplätze deutscher Grundstoffindustrien

Heimischer Fußabdruck deutscher Grundstoffindustrien 2022 (Wertschöpfung in Mrd. €)



Heimische Arbeitsplätze deutscher Grundstoffindustrien 2022 (in Tsd.)

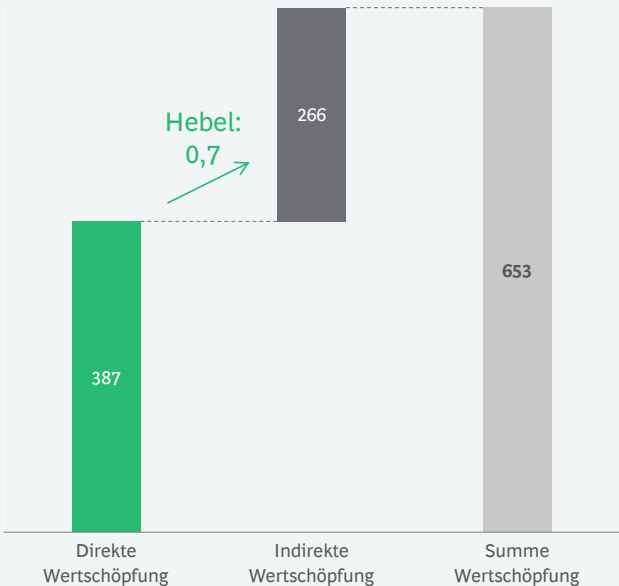


Hinweis: Auf einen Euro Wertschöpfung in den deutschen Grundstoffindustrien kommt ein Euro weitere Wertschöpfung in anderen Branchen in Deutschland; Grundstoffe: Chemie (WZ08.20), Baustoffe (WZ08.23.2–7), Stahl (WZ08.24.1) und Aluminium (WZ08.24.4)
Quelle: OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (2023); Analyse BCG und IW

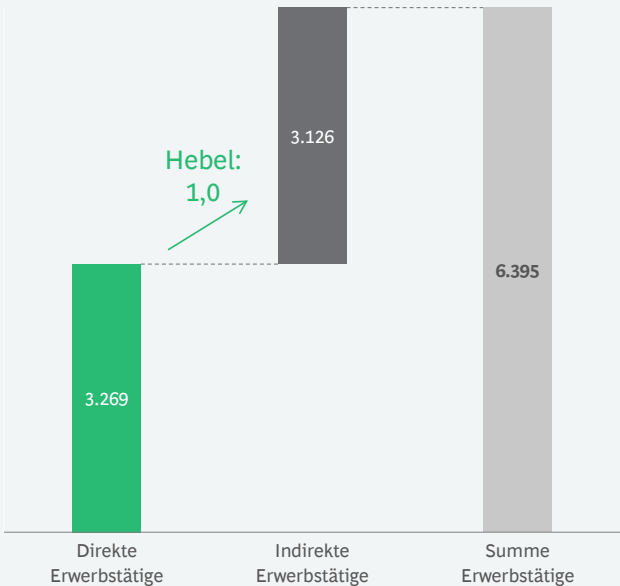
6 Mio. deutsche Arbeitsplätze hängen von Elektro-, Maschinenbau- und Autoindustrie ab

ABBILDUNG 39 | Wertschöpfung und Arbeitsplätze in der deutschen Elektro-, Maschinen- und Autoindustrie

Heimischer Fußabdruck der Elektro-, Maschinenbau- und Autoindustrie 2022 (Wertschöpfung in Mrd. €)



Arbeitsplätze durch Elektro-, Maschinenbau- und Autoindustrie 2022 (in Tsd.)

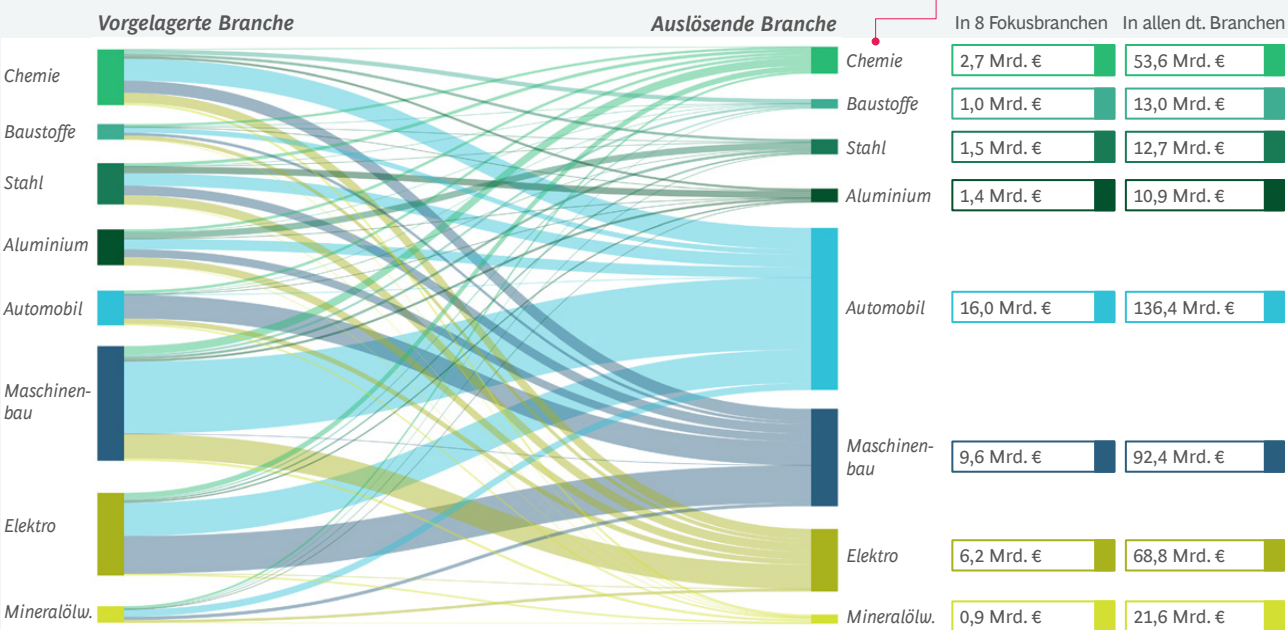


Hinweis: Auf einen Euro Wertschöpfung in der deutschen Elektro-, Maschinenbau- und Autoindustrie kommen 0,70 Euro weitere Wertschöpfung in anderen Branchen in Deutschland; Industrien: Elektroindustrie (WZ08.26–27), Maschinenbau (WZ08.28), Automobilindustrie (WZ08.29)
Quelle: OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (2023); Analyse BCG und IW

Hohe Verflechtung zwischen einzelnen Branchen unterstreicht Abhängigkeiten

ABBILDUNG 40 | Wertschöpfungsgewebe – indirekt ausgelöste Wertschöpfung der Industriezweige in Deutschland

Ausgelöste Wertschöpfung in vorgelagerten Branchen



Hinweis: Aussagen über indirekte Wertschöpfung sind nur für einzelne Fokusbranchen (rechts) möglich. Addition über verschiedene Fokusbranchen hinweg ist aufgrund von Doppelungen unzulässig
Quelle: OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (2023); Analyse BCG und IW

Vorleistungen in anderen Branchen ausgelöst wird, hierzulande generiert. Jeder verlorene Euro in der Chemieindustrie gefährdet etwa einen weiteren Euro in anderen Sektoren. Jeder verlorene Arbeitsplatz in der Automobilindustrie gefährdet etwa einen weiteren Arbeitsplatz in anderen Sektoren. Da ausländische Produzenten je nach Sektor derzeit nur 1 – 2 % ihrer Vorleistungen aus Deutschland beziehen, ließe sich dieser Verlust bei einer Abwanderung von Wertschöpfung ins Ausland kaum kompensieren.

2.4 Rund ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung ist mittelfristig von Deindustrialisierung bedroht

Hohe Energiekosten und die Technologietransformation bedrohen die Wettbewerbsfähigkeit von über 16 % der Industriewertschöpfung direkt. Deutsche Produzenten in Sektoren wie der Grundstoffchemie, Stahl, Nichteisenmetallen und Baustoffen haben durch die Energiekrise im Vergleich zu großen internationalen Wettbewerbern im Durchschnitt bis zu 15 % höhere Kostensteigerungen hinnehmen müssen, die auch am Ende der Dekade noch Bestand haben könnten. Neue Belastungen durch steigende effektive CO₂-Preise, Investitionen in nicht fossile Anlagen und Energieträger sowie den erforderlichen Infrastrukturaus- und -aufbau verschärfen diesen Nachteil zusätzlich.⁷⁴ Produzenten schwer handelbarer Güter wie beispielsweise Zement können einen Teil dieser Kosten wahrscheinlich an Kunden weiterreichen.⁷⁵ Für Hersteller von Commodities, die im internationalen Preiswettbewerb stehen, gilt diese Option allerdings nur eingeschränkt, erst besonders dann, wenn sie – wie die Chemie – einen wesentlichen Teil ihrer Produktion exportieren. Ihre Zukunft in Deutschland ist deswegen erheblich gefährdet. Ein Teil der sehr gas- und stromintensiven Produktionsprozesse wurde bereits im Zuge der Energiekrise zurückgefahren und wird bestenfalls teilweise zurückkommen. Darüber hinaus drohen in den betroffenen Sektoren in den kommenden Jahren eine weitere schleichende Abwanderung und ein Ausbleiben notwendiger Investitionen. Zusätzlich stehen die Mineralölverarbeitung und Kokereien durch die Umstellung auf alternative Kraftstoffe unter massivem Druck. Für die Erreichung der deutschen Klimaziele muss die

Nutzung flüssiger fossiler Kraft- und Treibstoffe bis 2035 bereits um knapp zwei Drittel reduziert werden. Da alternative Kraftstoffe eine höhere Bruttowertschöpfung als fossile Kraftstoffe haben, geht die Bruttowertschöpfung der Mineralölverarbeitung jedoch nicht zwangsläufig im gleichen Umfang zurück. Für den Hochlauf alternativer Kraftstoffe fehlt allerdings an vielen Stellen aktuell ein entsprechender Business-Case. Insgesamt sind 45 % der deutschen Grundstoffproduktion einem hohen Abwanderungsrisiko ausgesetzt – was etwa 7 % der gesamten deutschen Industriewertschöpfung betrifft (siehe Abbildung 41).

Darüber hinaus bedroht die anstehende Technologietransformation erhebliche Wertschöpfung in der deutschen Automobilindustrie und Teilen des Maschinen- und Anlagenbaus. Über 80 % des Umsatzes der gesamten Automobilindustrie in Deutschland entfielen im Jahr 2023 noch auf Pkw und Lkw mit Verbrennungsmotoren.⁷⁶ Darüber hinaus erwirtschaftet der deutsche Maschinen- und Anlagenbau aktuell 22 % seiner Wertschöpfung in grundsätzlich fossilen Technologien, vor allem Motoren, Turbinen, Getrieben, Öfen und Brennern. Sollte in diesen Sektoren die Technologietransformation misslingen und im Ergebnis beispielsweise die Hälfte dieser Produktion verloren gehen, entspräche das einem jährlichen Wertschöpfungsverlust von 50 Mrd. Euro – bzw. 8 % der gesamten deutschen Industriewertschöpfung.⁷⁷

Zusätzlich sind rund 4 % der deutschen Industriewertschöpfung indirekt bedroht. Neben den direkten Risiken durch die hohe Energiekostenbelastung und die anstehende Technologietransformation sind zudem rund 4 % der deutschen Industriewertschöpfung indirekt betroffen, da sie Vorleistungen für bedrohte Sektoren produzieren und damit einen Teil ihres möglichen Absatzmarktes verlieren könnten. Insgesamt sind damit mittelfristig etwa 22 % der deutschen Industriewertschöpfung direkt oder indirekt von Abwanderung und Abbau bedroht. Deutschland braucht eine industriepolitische Antwort, um dieser Bedrohung zu begegnen. Es muss eine Antwort sein, die den sehr unterschiedlichen Betroffenheiten und der starken Verflechtung verschiedener Industriesektoren angemessen gerecht wird.

⁷⁴ Siehe Kapitel 4 mit dezidierten Analysen zu Kostennachteilen und weiteren Herausforderungen je Sektor.

⁷⁵ Perspektivisch können mit der Dekarbonisierung der Zementproduktion via CCS jedoch höhere Kostennachteile für deutsche Zementhersteller entstehen, da aktuell nur kostenintensivere Offshore-Speicherung von CO₂ vorgesehen ist. Grüner Zement aus benachbarten Ländern wie Polen oder den Niederlanden könnte dann ab 2030+ durch günstigere CO₂-Speichermöglichkeiten auch nach Transport kostengünstiger als deutscher grüner Zement sein (siehe Kapitel 4.2).

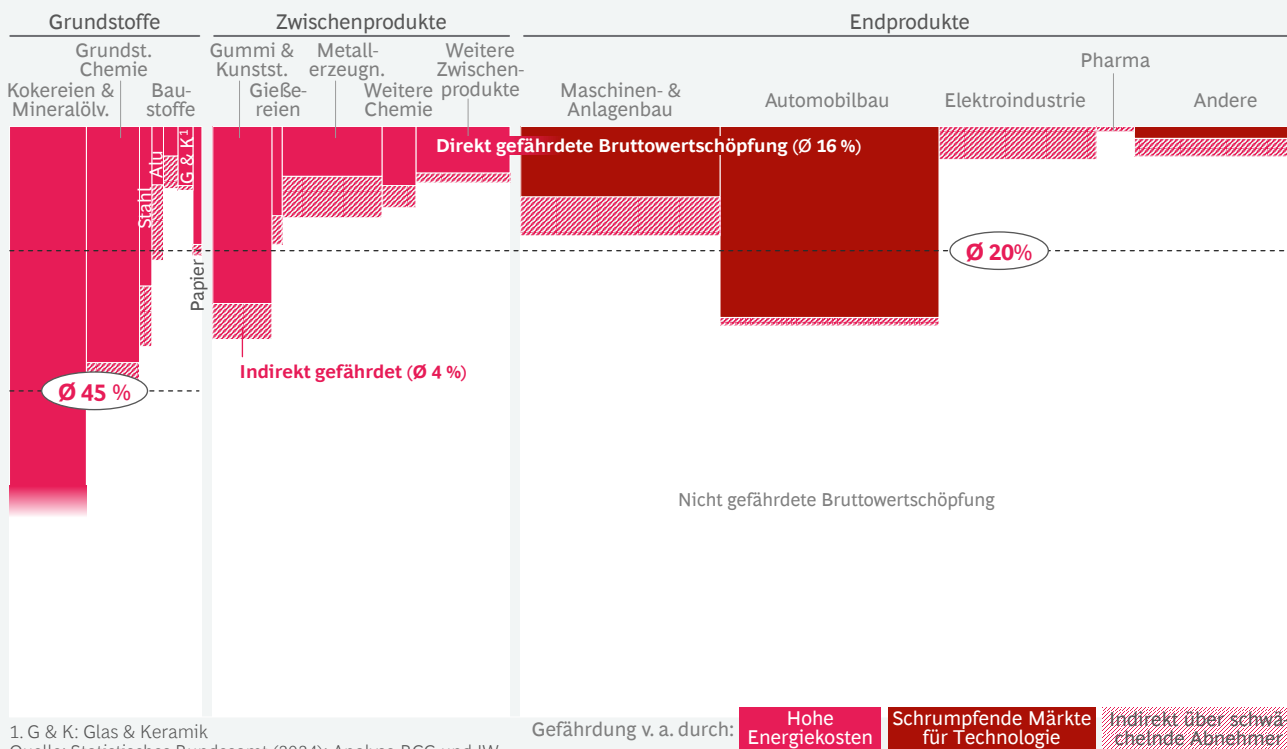
⁷⁶ S&P (2024).

⁷⁷ Neben dem Risiko des Verlusts von Wertschöpfung bietet die Klimatransformation für beide Sektoren auch erhebliche Wachstumschancen. Siehe hierzu Kapitel 3.1 und 3.2.

Rund 20 % der deutschen Industriewertschöpfung stehen stark unter Druck

ABBILDUNG 41 | Gefährdete Wertschöpfung der deutschen Industrie (Grundstoffe, Zwischen-, Endprodukte)

Bruttowertschöpfung der Industrie in Deutschland (für 2019, Breite der Balken) und Gefährdung (rote Einfärbung)





Gleichzeitig hat Deutschland attraktive Wachstumschancen in neuen Billionenmärkten

Die zukünftige Wachstumsperspektive der deutschen Industrie hängt maßgeblich an Lösungen für die Klimatransformation, Automatisierung, Digitalisierung und Gesundheit. Bis 2030 entstehen vor allem in grünen und digitalen Technologien Wachstumsmärkte mit einem Umsatz von insgesamt mehr als 15 Bio. Euro (siehe Abbildung 42). Trotz der beschriebenen Standortherausforderungen haben deutsche Unternehmen in mehreren dieser Märkte weiterhin gute Startvoraussetzungen dank hoher Technologiekompetenz, Innovationskraft und starker Wertschöpfungsverbünde sowie teils hoher heutiger Marktanteile – vor allem rund um die Energie-, Antriebs- und Wärmewende, industrielle Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen, pharmakologische Innovationen und Medizintechnik. Um diese Startbedingungen tatsächlich in Wachstum zu übersetzen, müssen jedoch heute entschieden die Weichen gestellt und die Standortbedingungen verbessert werden. Deutsche Unternehmen und der Regulator sollten sich dem internationalen Standortwettbewerb stellen und den Aufbau industrieller Wertschöpfung industriepolitisch begleiten. Der Erfolg dieser Maßnahmen wird maßgeblich darüber entscheiden, ob der deutsche Industriestandort auch in der kommenden Dekade noch wächst.

3.1 Bis 2030 entsteht vor allem in grünen und digitalen Technologien ein Weltmarkt von jährlich mehr als 15 Bio. Euro

Fundamentale globale Trends wie Klimatransformation, Digitalisierung und Gesundheit lassen in den nächsten Jahren weltweit neue Milliardenmärkte entstehen. Wachsende Anstrengungen zur Senkung der globalen Treibhausgasemissionen werden Investitionen in Billionenhöhe für neue Technologien auslösen – wie erneuerbare Energieerzeugung, Effizienztechnologien, die Elektrifizierung von Verkehr und Wärme, die Produktion nicht fossiler Moleküle und Weiteres. Neben der Reduktion von Treibhausgasen rücken der Schutz von natürlichen Ressourcen und Biodiversität zunehmend in den Fokus und erfordern Innovationen in Kreislaufwirtschaft, Wasserbewirtschaftung und Renaturierung. Digitalisierung und künstliche Intelligenz verändern schon heute Kommunikation, Mobilität, Produktion und Forschung fundamental und werden enorme Wertschöpfungspotenziale in allen Sektoren erschließen. Zudem wird die Gesundheitsversorgung einer weltweit wachsenden und alternden Bevölkerung stetig steigende Innovationsinvestitionen in Biotechnologie, Medizintechnik und neue Therapeutika erfordern.

Bis 2030 werden in rund 50 großen Zukunftsmärkten globale Umsätze von mehr als 15 Bio. Euro pro Jahr erwartet. Davon entfallen allein über 7 Bio. Euro auf Märkte rund um die Klimawende, rund 6 Bio. Euro auf Digitalisierung und künstliche Intelligenz sowie je 1 Bio. Euro auf die Themen Sicherheit und Gesundheit.

Durch globale Megatrends entstehen zahlreiche neue Wachstumsmärkte

ABBILDUNG 42 | Global größte Wachstumsmärkte durch Klimawende, Nachhaltigkeit, Digitalisierung u. a.

Kategorie	Themengebiet	Größte Wachstumsmärkte				
Dekarbonisierung	 Energiewende	Windenergie Batterien (stationäre & EV) ²	Photovoltaik	(Intelligente) Stromnetztechnik	H ₂ -Gasturbinen & -Motoren	Fusionsenergie
	 Antriebswende	E-Autos ¹ Autonomes Fahren	E- & H ₂ -Lkw Connected Car	E-Ladeinfrastruktur Brennstoffzellen	Neue Mobilitätsdienste	Alternative Schiffs- und Flugzeugantriebe
	 Grüne Gebäude	Gebäude-automatisierung	Gebäudeeffizienz & -sanierung	Wärmepumpen		
	 Nachhaltige Nahrungs- und Landwirtschaft	Alternative Proteine	Innovative Dünger & Saatgut	Alternatives Farming ⁶		
	 Industriedekarbonisierung (Stahl, Chemie, Wärme)	H ₂ -DRI-Technologie	Neue chemische Prozesse (MtX etc.)	Industrielle Effizienztechnologien	Industrielle Elektrifizierung ⁵	Bioökonomie (BtX, Fermentation etc.)
	 Grüne Moleküle	H ₂ -Elektrolyseure	H ₂ -Transport & -Speicher	Power-2-X-Synthesetechnologien	Sustainable Aviation Fuels (SAF)/ Biokraftstoffe	
	 CO ₂ -Wirtschaft	Carbon Capture, Utilization & Storage (CCUS)	Direct Air Capture (DAC)			
Kreislaufwirtschaft und Biodiversität	 Circular Economy und Recycling	Wertstoffsartierung & Recycling	Tracer-Materialien	Digitale Kreislaufwirtschaft ⁷		
	 Saubere Umwelt und Biodiversität	Abwasserbehandlung	Abgas- und Luftfilter	Wasserentsalzung		
Digitalisierung	 Digitalisierung und Automatisierung	IoT & Interoperability KI	3D-Druck Cloud-Computing	Robotics Augmented/Virtual Reality	Halbleiter	Quantencomputing
Weitere Wachstumsfelder	 Sicherheit	Cybersicherheit	Rüstung			
	 Gesundheitswesen	Digitale Gesundheitsprodukte ³	mRNA-, Zell- und Gentherapie	Telemedizin	Kardio- & Stoffwechsel-Therapeutika ⁴	Medizintechnik

1. Inkludiert EV-Batterien/Komponenten 2. Inkludiert Batterierecycling 3. Inkludiert Wearables, Implantables und sonstige digitale Gesundheitsprodukte (z. B. Apps) 4. Inkludiert Fettleibigkeit-/GLP-1-Produkte 5. Beinhaltet bspw. Power-to-Heat, E-Cracker, Wärmespeicher etc. 6. Beinhaltet Präzisions-, digitales und vertikales Farming 7. Inkludiert Design for Circularity-Software und weitere digitale Kreislaufwirtschaftslösungen
Quelle: Experteninterviews; Analyse BCG und IW

Nicht alle dieser Zukunftsmärkte sind gleichermaßen attraktiv. Manche bereits etablierten Märkte wie die Windkraft weisen schon in den kommenden Jahren ein hohes Wachstum auf. Andere, wie die Kernfusion, stehen erst noch vor dem Durchbruch und haben damit eher langfristiges Potenzial.⁷⁸ In einigen Märkten ringen bereits heute mehrere große Unternehmen weltweit um Marktanteile, in anderen ist die Wettbewerbsintensität bisher begrenzt. Was fast alle diese Märkte eint, ist, dass sie sehr stark wachsen, dass in den kommenden Jahren für dort tätige Unternehmen wesentliche Standortentscheidungen zu treffen sind und dass das Rennen um die zukünftige Weltmarktführerschaft noch nicht entschieden ist (siehe Abbildung 43).

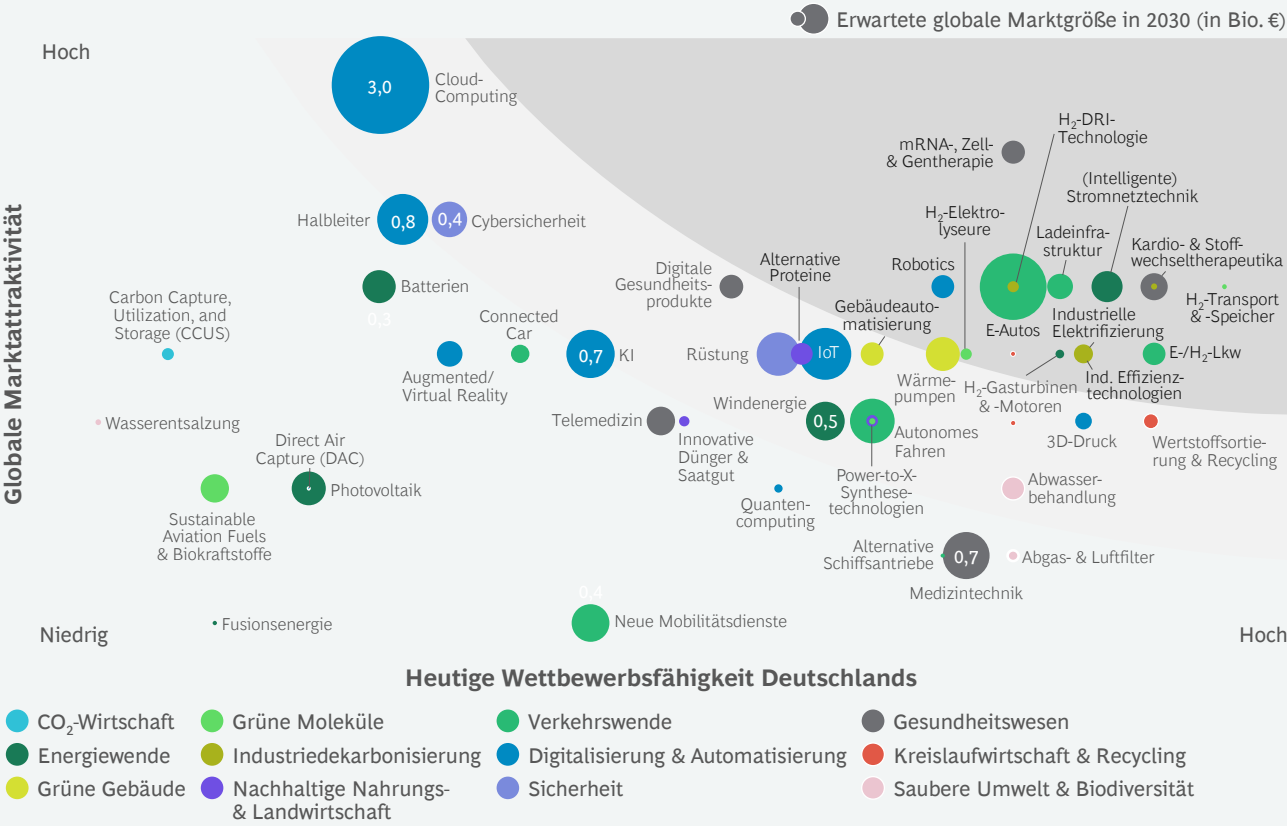
3.2 Die deutsche Industrie ist in mehreren dieser Märkte gut positioniert

Deutschland hat trotz Standortherausforderungen weiterhin Chancen, in diesen Märkten neue Industriewertschöpfung aufzubauen. Deutschland verfügt traditionell über einen großen Pool an Fachkräften in Ingenieurberufen, Unternehmen mit hoher Technologiekompetenz und Innovationskraft sowie Forschungsinstitutionen von Weltrang. In Märkten wie Automobil und Pharma startet Deutschland mit einer hohen Dichte etablierter Weltmarktführer. Durch die Vorreiterrolle Europas im internationalen Klimaschutz wird sich vor allem für viele Klimatechnologien in und um Deutschland ein starker Heimatmarkt etablieren. Diese guten Startvoraussetzungen müssen nun genutzt und unterstützt werden.

⁷⁸ Auch die Marktgröße für Technologien wie Direct Air Capture (DAC) und andere Verfahren zur Kohlenstoffdioxid-Entnahme bleibt bis 2030 voraussichtlich begrenzt, muss jedoch langfristig zur Erfüllung der Klimaziele erheblich wachsen. Deutschland und Europa haben insbesondere in der Produktion von Anlagen für Direct Air Capture (DAC), Bioenergie mit direkter CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) und Biochar Carbon Removal (BCR) erhebliches Potenzial, das unabhängig vom Standort der zukünftig installierten Basis durch technologischen Vorsprung erschlossen werden kann.

Deutschland in Klima-, Effizienztechnologien und Pharma gut positioniert

ABBILDUNG 43 | Globale Marktattraktivität und deutsche Wettbewerbsfähigkeit in Wachstumsmärkten



11 Wachstumsfelder für einen erfolgreichen deutschen Industriestandort

ABBILDUNG 44 | Übersicht attraktiver Wachstumsmärkte zur Stärkung der deutschen Wirtschaft

Kategorie	Wachstumsfeld	Wachstumsmärkte		
Antriebswende	Alternative Antriebe	E-Autos	E- & H ₂ -Lkw	
	Autonomes Fahren	Autonomes Fahren		
	Ladeinfrastruktur	E-Ladeinfrastruktur		
Energiewende	Windkraft	Windenergie		
	Netztechnik	(Intelligente) Stromnetztechnik		
	H ₂ -Technologien	H ₂ -Elektrolyseure	H ₂ -Transport & -Speicherung	PtX-Synthesetechnologien
Wärmewende	Wärmepumpen	Wärmepumpen		
	Industrielle Power-to-Heat	Industrielle Elektrifizierung		
Digitalisierung & industrielle Automation	Automation & Robotics	(I)IoT & Interoperabilität	Robotics	3D-Druck
	Künstliche Intelligenz	KI-Anwendungen & -Services		
Gesundheitswesen	Pharma & Health care	mRNA-, Zell- & Gentherapie	Kardio- & Stoffwechsel-Therapeutika	

Quelle: Analyse BCG und IW

Die größten Wachstumschancen liegen in Klima- und Effizienztechnologien, Automatisierung und Gesundheit – Felder mit einem Weltmarkt von über 6 Bio. Euro. Deutschlands Automobilsektor hat weiter alle Chancen, an der anstehenden Antriebswende zu partizipieren – und damit an dem deutlichen Wachstum bei Pkw und Lkw mit alternativen Antrieben und Ladeinfrastruktur, aber auch autonomem Fahren. Deutsche Unternehmen sind weiterhin gut in zentralen Energiewendetechnologien positioniert, besonders in Windenergie, Stromnetztechnik und grünen Molekülen. Außerdem eröffnen der hiesige Anlagenbau und eine absehbar schnelle heimische Wärmewende erhebliche Chancen für den Aufbau neuer Wertschöpfung rund um industrielle Elektrifizierung und Wärmepumpen. Zu guter Letzt hat Deutschland in Märkten der industriellen Automatisierung und der industriellen Gesundheitswirtschaft bereits Unternehmen von Weltrang und damit eine gute Startposition, um vom erwarteten Nachfragewachstum in diesen Feldern zu profitieren.

Es wird eine der wichtigsten Herausforderungen der kommenden Dekade sein, die gute deutsche Startposition in diesen Sektoren in tatsächliche neue Wertschöpfung zu übersetzen – da vom Gelingen sehr maßgeblich abhängt, ob Deutschlands Industrie auch in Zukunft noch wächst.

3.2.1 Deutsche Autohersteller können in alternativen Antrieben und autonomer Mobilität gewinnen – brauchen aber einen stärkeren Heimatmarkt

Die Antriebswende treibt eines der größten industriellen Wachstumsfelder weltweit. Durch Pkw und Lkw mit alternativen Antrieben, automatisiertes und autonomes Fahren und den Aufbau von Ladeinfrastrukturen werden global bereits 2030 rund 2,4 Bio. Euro Umsatz erwartet. Durch ambitionierte CO₂-Ziele im Verkehr, Kauf- und Investitionsanreize in vielen großen Volkswirtschaften, sinkende Preise von Elektrofahrzeugen und eine weiter steigende Mobilitätsnachfrage wächst der globale Markt für diese Lösungen in den kommenden Jahren um durchschnittlich 25 % jährlich.⁷⁹ Auch wenn es sich hier vor allem um eine Substitution der bisherigen Technologie handelt, löst die Antriebswende also beträchtliche Investitionen weltweit aus.

Deutschlands weiterhin starker Automobilsektor ist für diesen Markt ein erheblicher Startvorteil. Deutschland beheimatet im Automobilsektor mehrere weltweit führende Hersteller mit hoher Technologiekompetenz und Markenreputation, hoch qualifizierte Fachkräfte und eine hohe Dichte und Vielfalt spezialisierter Zulieferer sowie starker Wertschöpfungsverbünde bis in die Grundstoffindustrien (siehe Abbildung 47 und Kapitel 4.5). Diese Technologieführerschaft wird zunehmend herausgefordert. In der Elektromobilität haben sich in den letzten Jahren vor allem neue Marktteilnehmer aus den USA und China Startvorteile erarbeitet. Dennoch ist Deutschland mit einem globalen Marktanteil von 9 %⁸⁰ auch in E-Pkw bereits gut aufgestellt. Gleichzeitig gehören deutsche Hersteller zu den Vorreitern bei Fahrerassistenzsystemen wie dem automatisierten (ADAS-Level 1 – 2+) und autonomen Fahren (bis Level 3). Diese Stärken müssen jetzt gezielt unterstützt und in Wachstum übersetzt werden.

Um mittelfristig auch bei E-Mobilität zu gewinnen, brauchen deutsche Hersteller mehr heimische Nachfrage – und eine europäische Batterieoffensive. Ein wesentlicher Grund für das starke Wachstum chinesischer Elektroautohersteller in den vergangenen Jahren war ein starker lokaler Markt für E-Pkw. Getrieben durch attraktive staatliche Kaufanreize, ist in China der mittlerweile größte E-Auto-Markt der Welt entstanden. Damit hat China einheimischen Herstellern gleichermaßen ermöglicht, mit Skaleneffekten die Produktionskosten zu senken und attraktive Produkte in verschiedenen Preissegmenten bereitzustellen. Auch Deutschland hat sich ambitionierte Ziele zum Hochlauf der E-Mobilität gesetzt – laut Koalitionsvertrag 15 Mio. E-Pkw bis 2030 –, unternimmt aktuell aber regulatorisch zu wenig, um dieses Ziel auch zu erreichen. Um deutschen Herstellern auch für den Automobilmarkt der Zukunft eine bessere Wettbewerbschance zu verschaffen, ist ein starker europäischer Absatzmarkt für E-Autos der mit Abstand wichtigste Hebel.⁸¹ Darüber hinaus hat Deutschland ein erhebliches Interesse, in den Aufbau einer europäischen Batteriewertschöpfungskette zu investieren (siehe Kapitel 5.1.6). Um Kaufhemmnisse abzubauen, sollte sich außerdem der Hochlauf der deutschen und europäischen Lade- und H₂-Tankinfrastruktur beschleunigen – insbesondere für Nutzfahrzeuge (siehe auch Kapitel 5.3.1). Zu guter Letzt müssen regulatorische Hürden für die Pilotierung der nächsten Entwicklungsstufen des autonomen Fahrens (Level 4 und 5) abgebaut werden, um den aktuellen Standortnachteil deutscher Hersteller zu reduzieren.

⁷⁹ Neben der Elektrifizierung liegen weitere Wachstumspotenziale in der Produktion grüner Kraftstoffe, z. B. Sustainable Aviation Fuels (SAF) für den Flugverkehr oder grünem Ammoniak und Methanol für den Schiffsverkehr. Zwar ist für die energieintensive Produktion dieser Kraftstoffe der Standort Deutschland eher nicht geeignet. Der Markt bietet aber Chancen für deutsche Technologie- und Anlagenhersteller (siehe Kapitel 3.2.2).

⁸⁰ S&P (2024).

⁸¹ Zwar wird ein Großteil der deutschen Automobilproduktion ins Ausland exportiert – ebenso produzieren deutsche Automobilhersteller in wesentlich größerem Umfang im Ausland. Ausländische Märkte bleiben für die deutsche Automobilindustrie also hoch relevant. Um jedoch eine vergleichbare Technologieführerschaft und ein vergleichbar breites Portfolio in verschiedenen Fahrzeugklassen bei E-Pkw zu erlangen wie bislang bei Verbrennern, müssen deutsche Automobilhersteller ihre Produkte in großem Umfang skalieren. Der deutsche Markt ist dazu besonders geeignet, da die Hersteller hier mit Abstand die größten Marktanteile besitzen und auf ein großes Vertrauen der Kunden setzen können. Dieser Hochlauf muss sehr zeitnah geschehen, um auf stark umkämpften internationalen Märkten langfristig bestehen zu können.

3.2.2 Deutschland kann wieder zu einem Vorreiter der Energiewende werden – in Strom und Molekülen

Die globalen Märkte für Windenergie, Netztechnik und Wasserstofftechnologien wachsen bis 2030 auf rund 850 Mrd. Euro. Die globale Expansion erneuerbarer Erzeugungskapazitäten ist im Zuge immer ambitionierterer Ziele weiterhin ungebrochen. Mit dieser Expansion – und mit stärkerer Elektrifizierung – steigt außerdem die Notwendigkeit, massiv in intelligente Übertragungs- und Verteilnetzinfrasturktur zu investieren. Parallel zur „Stromwende“ entsteht ein neuer Milliardenmarkt rund um nicht fossile Moleküle, vor allem für die Versorgung der Industrie (Wasserstoff) sowie des Luft- und Schiffsverkehrs (Derivate) – inkl. neuer Infrastrukturen wie des geplanten rund 10.000 km langen H₂-Pipelinenetzes in Deutschland.

Deutschland kann auf gewachsenen Anbietern innovativer Energietechnologien aufbauen. Hiesige Unternehmen sind seit Jahrzehnten Vorreiter in der Entwicklung innovativer Energietechnologien. Zwar hat vor allem der Windenergiesektor in den vergangenen Jahren durch den schleppenden Ausbau neuer Kapazitäten etwas an Boden verloren, dennoch bleibt Deutschland ein wichtiger globaler Standort – und sollte einem weiteren Rückgang von Kapazitäten daher entschieden entgegenwirken. Bei Kernkomponenten für Übertragungs- und Verteilnetze (Kabel, Transformatoren etc.) sowie IT und Hardware für Smart Grids hatte Deutschland 2022 den zweithöchsten Marktanteil aller Länder weltweit. Auch in aufstrebenden Märkten wie Wasserstoff-Elektrolyseuren liegt Deutschland mit rund 15 % Marktanteil gleichauf mit den USA – jedoch hinter China (34 %).

Um nachhaltig mehr Wertschöpfung in diesen Technologien aufzubauen, sollte Deutschland wieder zu einem Vorreiter der Energiewende werden. Die aktuelle Regierung hat bereits umfangreiche Pakete für die Beschleunigung des Ausbaus von Erneuerbaren und Netzen auf den Weg gebracht und sollte diesen Weg weiter stärken, zum Beispiel durch eine weitere Beschleunigung und Vereinfachung von Genehmigungsverfahren (siehe Kapitel 5.1.2 und 5.1.4). Für die „Molekülwende“ ist ein umfangreicher Aufbau von grüner Wasserstoff- und Power-to-X-Produktion in Deutschland aus Kostengründen nur in begrenztem Umfang realistisch. Importpartnerschaften und Instrumente wie doppelte Auktionen⁸² für den Import

grüner Moleküle könnten die Chancen deutscher Hersteller für Projekte im Ausland allerdings erheblich steigern. Um sicherzustellen, dass sich höhere lokale Nachfrage auch in heimische Wertschöpfung übersetzt, sollte Deutschland außerdem eine industriepolitische Antwort auf die Politik der USA und Chinas entwickeln⁸³, die durch gezielte Anreize lokaler Produktion bei skalierbaren Komponenten wie Generatoren, Zulieferteilen, Smart Metern, Wechselrichtern oder Elektrolyse-Stacks zuletzt Marktanteile gewonnen haben (siehe Kapitel 5.3.3).

3.2.3 Deutschland kann die globale Wärmewende mitgestalten – sofern die kommende Produktion dafür hier entsteht

Die Elektrifizierung von Wärme wird in dieser Dekade ein massiver Wachstumsmarkt. Um allein die deutschen Klimaziele zu erfüllen, müssten noch in dieser Dekade neue Investitionen in fossile Wärmeerzeugung in der Industrie und nicht erneuerbare Wärmelösungen in Gebäuden weitgehend eingestellt werden. Zugleich muss die Rate der jährlichen energetischen Gebäudesanierung unverzüglich erhöht werden und graduell um 70 % bis 2030 steigen, um den Energiebedarf von Bestandsgebäuden im Durchschnitt zu halbieren. Das wird enorme Investitionen in Wärmepumpen, elektrische Wärmeerzeuger, industrielle Power-to-Heat-Anlagen und Wärmespeicher auslösen. Weltweit wird bis 2030 für Produktion, Installation und Wartung entsprechender Anlagen bereits ein globaler Markt von über 480 Mrd. Euro erwartet, mit deutlich zweistelligen Wachstumsraten erwartet.

Deutschland kann in diesem Markt dank starker heimischer Nachfrage eine führende Position einnehmen. Die ambitionierten deutschen Klimaziele können den Standort sogar innerhalb Europas zu einem Vorreiter der Wärmewende machen und dafür sorgen, dass in den kommenden Jahren ein materieller Teil des globalen Marktes hierzulande entsteht. Gemäß der aktuellen Ambition der Bundesregierung sollen bis 2030 insgesamt 6 Mio. Wärmepumpen in deutschen Gebäuden installiert werden.⁸⁴ Auch die Umstellung auf elektrische Industrierwärme müsste sich in den kommenden Jahren erheblich beschleunigen – schneller als in den meisten anderen Ländern. Gleichzeitig bringt Deutschland eine breite Basis an Unternehmen mit, die von der Wärmewende profitieren können. Bei Wär-

⁸² Die Einführung von „H2Global“ als Förderinstrument war dazu ein erster wichtiger Schritt, wurde bis dato aber nicht mit ausreichenden finanziellen Mitteln ausgestattet.

⁸³ Dies kann beispielsweise auf europäischer Ebene durch die Ausweitung und Beschleunigung des Net-Zero Industry Act (NZIA) erfolgen.

⁸⁴ Zeitgleich würde auch die Steigerung der Sanierungsrate eine Sanierungswelle auslösen, die angesichts hoher lokaler Wertschöpfung ein Treiber wirtschaftlichen Wachstums für Deutschland wäre,

mepumpen haben Deutschlands Heizungshersteller gegenüber asiatischen und amerikanischen Wettbewerbern zwar einen leichten Startnachteil und geringere Skaleneffekte, können aber dennoch von einem etablierten Vertriebs- und Installateursnetzwerk und guten technologischen Fähigkeiten profitieren. In industrieller Wärme entwickeln deutsche Unternehmen Technologien für alle Temperaturniveaus – bis hin zu E-Crackern für die chemische Industrie.

Deutschland sollte sicherstellen, dass sich diese führende Position auch in heimischer Wertschöpfung niederschlägt. Um das erwartete Marktwachstum rund um die Wärmewende zu bedienen, waren in den letzten Jahren erhebliche Investitionen in neue Produktionskapazitäten erforderlich und werden auch in den nächsten Jahren notwendig sein. Damit diese Investitionsentscheidungen am Standort Deutschland getroffen werden, brauchen Hersteller mehr Sicherheit hinsichtlich der Nachfrage am heimischen Markt und gute Investitionsbedingungen. Durch die Ansiedlung von Produktionskapazitäten würden die Hersteller zusätzliche Expertise aufbauen, um sich auch im Wettbewerb auf internationalen Märkten zu behaupten. Für die Wärmewende in Gebäuden sind die nötigen gesetzlichen Rahmenbedingungen für einen mittelfristigen Markthochlauf erneuerbarer Wärmeerzeuger mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) bereits weitgehend geschaffen. Kurzfristig hat die politische Diskussion dazu allerdings unnötig hohe Nachfrageunsicherheit erzeugt. Wurde zum Beispiel 2023 noch die bisherige Rekordzahl von rund 350.000 Wärmepumpen in Deutschland verbaut, zeichnet sich bereits im Jahr 2024 ein deutlicher Einbruch ab.⁸⁵ Für die industrielle Wärmewende müssen bessere Rahmenbedingungen erst noch geschaffen werden, um nicht fossile Lösungen wettbewerbsfähig mit Gas zu machen (siehe Kapitel 5.2.1). Außerdem sollte Deutschland bei allen Wärmewendetechnologien nach Wegen suchen, anstehende Standortentscheidungen zu beeinflussen – und eine Antwort auf andere Länder finden, welche die Ansiedlung von Produktion gezielt subventionieren (z. B. durch 30 – 35 % Investitionsförderungen für Wärmepumpenproduktion in Frankreich und Polen – siehe Kapitel 5.3.3).

3.2.4 Deutschland ist bereits führend in Automation und Robotics – und sollte offensiv in Digitalisierung und KI investieren

Der Markt für Digitalisierung und Automatisierung wächst weiter ungebrochen – und erlebt dank künstlicher Intelligenz eine weitere Revolution. Dadurch eröffnen sich auch für die Industrie erhebliche Wachstumspotenziale. Die Automatisierung von Produktion, zum Beispiel durch Robotics und (I)IoT/Interoperabilität, ist ein wesentlicher Hebel zur Steigerung von Effizienz, Produktqualität und Spezifizierung im verarbeitenden Gewerbe – und vor dem Hintergrund einer immer größer werdenden Fachkräftelücke dringlicher denn je. Die Vernetzung von Maschinen, intelligente Sensoren und kontinuierliche Datenanalyse schaffen permanent neue Möglichkeiten. Der Einsatz von (generativer) künstlicher Intelligenz wird diesen Markt in den nächsten Jahren weiter massiv wachsen lassen – aber auch in anderen Sektoren wie Energie, Gebäude, Verkehr und Gesundheit ein bedeutender Innovationstreiber sein. Insgesamt wird im Bereich Digitalisierung und Automatisierung bis 2030 ein für die Industrie relevanter Weltmarkt von rund 1,8 Bio. Euro prognostiziert.

Vor allem bei industrieller Automatisierung und Robotics gehören die deutsche Elektro- und Digitalindustrie sowie der deutsche Maschinen- und Anlagenbau zu den globalen Technologieführern. Mehrere deutsche Unternehmen haben sich in den letzten Jahren mit Lösungen zur autonomen Steuerung von Produktionsanlagen an die Spitze ihrer Industrie gesetzt. Zwar liegen deutsche Unternehmen mit rund 6 % Weltmarktanteil in diesem Segment in der Breite deutlich hinter den USA (25 %) und China (20 %), in einer Reihe von Marktnischen sind sie aber sehr erfolgreich. In der Entwicklung von KI-Software und -Services liegt Deutschland im Vergleich zurück. Trotz einer Reihe innovativer Start-ups und vielversprechender akademischer Forschung rangiert Deutschland mit rund 2 % globalem Marktanteil sehr weit hinter den klar führenden USA (55 %). Um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Technologieführer auch künftig zu erhalten und neue Wertschöpfung zu generieren, sollte die deutsche Regierung Forschung weiter stärken und offensiver in Digitalisierung und KI investieren. Automatisierung, Digitalisierung und KI sollten klare Prioritäten der deutschen Forschungs- und Innovationsagenda werden. In diesem Zusammenhang hat der Zugang zu sowie der Austausch von Daten zwischen Unternehmen (Data-Sharing) eine elementare Bedeutung, um Digitalisierung und KI überhaupt erst möglich zu machen. Vor allem rechtliche Hemmnisse⁸⁶ führen gegenwärtig immer noch zu einer Zurückhaltung beim Data-Sharing in der deutschen Wirtschaft. Gleichzeitig sollte Deutschland Digitalisierung in der Breite stärken – durch konsequenteren Infrastrukturausbau, intensivere digitale Bildung und andere Hebel (siehe Kapitel 5.1.3). Außerdem benötigt Deutschland bessere Strate-

⁸⁵ Der Rückgang erklärt sich nur bedingt aus geringerem Neubau von Gebäuden sowie Lagerbeständen bei Wärmepumpenherstellern.

⁸⁶ Rechtliche Hindernisse sind z. B. unklare Datenschutzauslegungen und unklare Anforderungen aus dem Data Act und EU AI Act.

gien zur Skalierung von Innovationen – um sowohl die Kommerzialisierung wissenschaftlicher Innovation zu stärken als auch (private) Investitionen in Start-ups und KMUs zu mobilisieren.

3.2.5 Deutschland hat weiter gute Wachstumschancen in Pharma und Medizintechnik – sollte jedoch Forschung offensiver unterstützen

Der Gesundheitssektor bleibt ein wichtiges Wachstumsfeld – durch eine wachsende Weltbevölkerung, steigende Lebenserwartung und neue technologische Möglichkeiten. Allein durch den Verkauf innovativer pharmazeutischer und biotechnologischer Produkte wie mRNA-, Zell- und Gentherapeutika sowie Kardio- und Stoffwechsel-Medikamente werden im Jahr 2030 weltweit voraussichtlich knapp 400 Mrd. Euro umgesetzt. Weitere Wachstumsmärkte entstehen rund um digitale Gesundheitsprodukte wie „Wearables“ und Telemedizin sowie in der Medizintechnik.

Deutschland gehört bereits heute zu den führenden Standorten für Pharma und Medizintechnik weltweit. Mit rund 15 % des globalen Exports hat die deutsche Pharmaindustrie aktuell den größten Marktanteil weltweit.⁸⁷ Deutschland profitiert dabei vor allem von einer starken Grundlagenforschung, dem viertgrößten Markt für pharmazeutische Produkte auf der Welt und erheblichen Innovationsinvestitionen. Mit etwa 15 % ihres Umsatzes investierte die Pharmabranche 2022 mehr in Forschung und Entwicklung als jeder andere Sektor in Deutschland.⁸⁸ Gleichzeitig wurden in den letzten Jahren Millioneninvestitionen in neue Produktionsstandorte getätigt – trotz zunehmenden globalen Wettbewerbs und der Abwanderung von Teilen der Generikaproduktion an kostengünstigere Standorte in Asien.⁸⁹ Auch in der Medizintechnik sind viele deutsche KMU Technologieführer und machen Deutschland zum zweitgrößten Medizintechnik-Standort der Welt.

Die industrielle Gesundheitswirtschaft mit den Bereichen Pharma- und Medizintechnik hat weiterhin gute Wachstumsaussichten, würde aber erheblich von Erleichterungen in Forschung und Entwicklung profitieren. Langwierige Genehmigungsverfahren verlangsamen

Innovation und Markteinführung neuer Medikamente und Gesundheitslösungen – und beeinflussen damit die Standortwahl für innovative Verfahren. Vor allem vier Faktoren könnten das Wachstum dieses Sektors in Zukunft antreiben: eine Beschleunigung von Marktzulassungsverfahren durch schnellere Bearbeitungszeiten, bessere Rahmenbedingungen für klinische Studien in Deutschland, einfacherer Zugang zu Gesundheitsdaten und digitalen Infrastrukturen für die pharmazeutische Forschung zur Weiterentwicklung personalisierter, digitaler oder effizienterer Gesundheitslösungen sowie eine insgesamt breitere Forschungsförderung in diesem Sektor. Da der Standortwettbewerb in der industriellen Gesundheitswirtschaft sich seit der Covid-19-Pandemie weiter verschärft hat, ist eine schnelle Umsetzung dieser Maßnahmen von hoher Bedeutung. Mit der Pharmastrategie der Bundesregierung, dem Medizinforschungsgesetz sowie dem Gesundheitsdatennutzungsgesetz wurden hier bereits erste wichtige Schritte unternommen. Darüber hinaus bedarf es steuerlicher Forschungsförderung (wie im Wachstumschancengesetz vorgesehen) sowie eines vereinfachten Zugangs zu Wagniskapital für Start-ups. Zusätzlich wird auch in der industriellen Gesundheitswirtschaft eine Zunahme des Fachkräftemangels erwartet, dem entschieden gegengesteuert werden muss.⁹⁰

3.3 Um den Industriestandort zu stärken, sollte Deutschland das Wachstum dieser Sektoren (industrie-)politisch unterstützen

Für die meisten globalen Zukunftsmärkte werden in dieser Dekade Standortentscheidungen getroffen – und damit zukünftige Weltmarktanteile bestimmt. In der Mehrzahl der beschriebenen Zukunftsmärkte ist die Frage der künftigen Weltmarktführerschaft noch offen. Zahlreiche Standortentscheidungen, die die Strukturen dieser Sektoren über viele Jahre hinweg prägen werden, werden in dieser Dekade getroffen. Der Ausgang dieser Standortentscheidungen wird das Wachstumspotenzial der deutschen Industrie nachhaltig prägen – weit über die nächsten zehn Jahre hinaus.⁹¹

⁸⁷ OEC World (2022).

⁸⁸ vfa (2021). Bei der gesamten industriellen Gesundheitswirtschaft lag dieser Anteil 2023 bei etwa 11,5 % (BMW [2024 f.]).

⁸⁹ So ist z. B. in Marburg eine der weltweit größten mRNA-Produktionsstätten entstanden, die durch den Einsatz von Automatisierungstechnik und Simulationssoftware technisch führend ist und mit dem geplanten Produktionshochlauf von Plasmid-DNA für die Entwicklung von Impfstoffen und onkologischen Therapeutika stark positioniert ist. Weitere große Investitionen wurden in Ingelheim, Alzey, Mainz, Ludwigshafen, Darmstadt und an anderen Standorten getätigt.

⁹⁰ Für eine detaillierte Studie zur industriellen Gesundheitswirtschaft siehe: BDI (2023a).

⁹¹ Beispiel: Der deutsche Markt für Wärmepumpen wird zur Erfüllung des Gebäudeenergiegesetzes in den kommenden fünf Jahren von rund 350.000 Stück pro Jahr in 2023 auf etwa 1 Mio. wachsen – und dann dauerhaft auf diesem Niveau verweilen. Ob die dafür erforderlichen Produktionskapazitäten in den kommenden Jahren in Deutschland entstehen oder nicht, wird auch in zehn Jahren noch für den Marktanteil der deutschen Industrie entscheidend sein.

Auch für die Zukunft der deutschen Grundstoffsektoren ist ein Erfolg in diesen Märkten zentral. Die deutschen Grundstoffindustrien werden aus sich heraus – zum Beispiel durch die Erschließung neuer Exportmärkte – in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich kein starkes Wachstum für den deutschen Industriestandort erzeugen können.⁹² Sie sind deswegen darauf angewiesen, dass ihre Absatzmärkte vor allem in Deutschland und Europa steigende Nachfrage generieren. Ob die deutsche Industrie in der Breite noch wachsen kann, hängt daher auch entscheidend von der Frage ab, ob hiesige Unternehmen in den oben beschriebenen Zukunftsmärkten erfolgreich sind.

Deutschland steht im Standortwettbewerb mit Ländern, die den Aufbau dieser Industrien mit starker Industriepolitik unterstützen. Die USA gewähren im Rahmen des „Inflation Reduction Act“ bis zu 30 % Investitionsunterstützung für den Aufbau neuer Produktionskapazitäten in mehreren Greentech-Sektoren und knüpfen Subventionen für den Kauf der finalen Produkte an harte „Local Content“-Regeln. China hat eine lange Geschichte der Subventionierung neuer Produktion in Zukunftsmärkten, die u. a. einen Teil des chinesischen Erfolgs in der Photovoltaik begründet und auch heute noch praktiziert wird. So wurde beispielsweise die Produktion von E-Pkw mit teils hohen Beträgen direkt subventioniert – und darüber hinaus mit Anreizen für E-Auto-Käufe unterstützt. Auch in Europa fördern mittlerweile mehrere Länder den Aufbau neuer Produktion in ausgewählten Wachstumstechnologien direkt finanziell – zum Beispiel Polen mit bis zu 35 % Investitionssubventionen für Windkraft, Elektrolyseure und Wärmepumpen.

Deutschland sollte sich diesem Wettbewerb stellen und eine eigene industriepolitische Antwort entwickeln. Sechs Handlungsfelder sind dafür am wichtigsten:

- **Wiederherstellung der Standortattraktivität:** Übergreifende Standortbedingungen wie Infrastrukturen oder Energieversorgung spielen eine zentrale Rolle für die Ansiedlung von Produktionsstätten. Deutschland ist hier zurückgefallen und muss dafür den Standort in der Breite stärken.
- **Stärkung des Heimatmarktes:** Vor allem bei grünen Technologien für die Antriebs-, Energie- und Wärmewende ist eine starke heimische Nachfrage neben der Standortattraktivität der mit Abstand

wichtigste Treiber zum Aufbau einer starken Industrie. Um diese Nachfrage sicherzustellen, muss Deutschland in den relevanten Sektoren die Umsetzung der Klimawende beschleunigen (siehe Kapitel 5.3.1).

- **Abbau bürokratischer Hürden:** Die Dynamik des deutschen Wirtschaftsstandorts würde insgesamt von einem Abbau bürokratischer Lasten (inkl. Reduktion von Regulierungsbreite und -tiefe) und einer Beschleunigung von Verfahren profitieren (siehe Kapitel 5.1.4). Für den Aufbau neuer Produktionsstandorte sollte vor allem Letzteres ganz besonders gelten. Um das zu ermöglichen, sollten zumindest in zentralen Zukunftsmärkten regulatorische Barrieren überprüft und ggf. über „Pilotzonen“ und beschleunigte Sonderverfahren deutlich schnellere Investitionen ermöglicht werden.
- **Innovationsförderung für Schlüsseltechnologien:** Deutschland hat bereits eine starke Innovationsförderung in der Breite. Um die industriepolitische Effektivität zu erhöhen, sollte diese durch gezielte Förderung von Schlüsseltechnologien ergänzt und der Transfer von der Forschung zur Umsetzung gestärkt werden (siehe Kapitel 5.3.2).
- **Schließung der Fachkräftelücke:** Für mehrere Zukunftsmärkte ist ein ausreichendes Angebot an hoch qualifizierten Fachkräften eine entscheidende Wachstumsvoraussetzung. Deshalb sollte alles unternommen werden, um durch Qualifizierung, gezielte Zuwanderung und andere Hebel die bestehende Fachkräftelücke in Deutschland zu verringern oder zu schließen (siehe Kapitel 5.1.5).
- **Ansiedlung lokaler Produktion:** In einer Auswahl umkämpfter und für Deutschland besonders wichtiger Zukunftsmärkte sollte sich das Land außerdem dem Standortwettbewerb stellen und mit gezielten Anreizen für den Aufbau lokaler Produktion ein „Level Playing Field“ für den Standort Deutschland schaffen (siehe Kapitel 5.3.3).

⁹² Im Gegenteil droht durch den mangelnden Exportschutz im CBAM in Branchen wie der Chemie eher ein Einbruch der Exporte in Nicht-EU Länder.

Sechs politische Handlungsfelder für Industriewachstum in Zukunftsmärkten

ABBILDUNG 45 | Zentrale Handlungsfelder für neues Industriewachstum in großen Zukunftsmärkten



1. Bürokratieabbau inkl. Abbau von Regulierungsdichte und Regulierungsbreite
Quelle: Analyse BCG und IW

Exkurs Photovoltaik: Das Gegenteil guter Standortpolitik

Die Geschichte der globalen Solarindustrie ist in der Rückschau ein gutes Fallbeispiel für eine langfristig weniger effektive Standortpolitik Deutschlands bzw. effektivere Standortpolitik Chinas. Deutschland hat diese Industrie seit ihren Anfängen durch die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Wesentlichen durch einen stark subventionierten Nachfrageimpuls unterstützt. Das verschaffte deutschen Herstellern im Zuge des „Solarbooms“ Anfang der 2010er Jahre einen erheblichen Startvorteil und verhalf ihnen zu einer globalen Vorreiterrolle. Die abrupte Absenkung der Einspeisevergütungssätze im Jahr 2013 führte jedoch zu einem signifikanten Einbruch des deutschen Solarmarktes: Die Absätze sanken etwa um etwa 55 %⁹³ innerhalb eines Jahres. Im selben Zeitraum begann China, den Aufbau heimischer Solarproduzenten erheblich zu subventionieren, die in der Folge durch frühe Skaleneffekte den Weltmarkt dominierten. Die Weiterentwicklung von Solarmodulen und die zunehmende Commodity-Eigenschaft

sorgten verstärkend dafür, dass der initiale Vorteil deutscher Produzenten nicht von Dauer war. Die Konkurrenzfähigkeit deutscher Produkte nahm im internationalen Vergleich immer mehr ab – vor allem durch subventionsgestützte günstige Preise chinesischer PV-Module sowie durch die signifikante Schwächung der deutschen Solarindustrie mit einer abrupten Halbierung des deutschen Absatzmarktes 2013. Trotz insgesamt niedrigerer Subventionen im Vergleich zu den initialen Förderungen in Deutschland durch das EEG hat China so eine anhaltende Dominanz auf dem Weltmarkt erreicht – vor allem durch fokussierte und kontinuierliche Subventionen für den Aufbau von Produktionskapazitäten und daraus folgende erhebliche Skaleneffekte.⁹⁴

⁹³ IWR (2014)

⁹⁴ IW Consult (2022).





Deutschland kann auch in Zukunft als Industrienation erfolgreich sein – muss dafür aber große Teile seiner heutigen Industriewertschöpfung transformieren

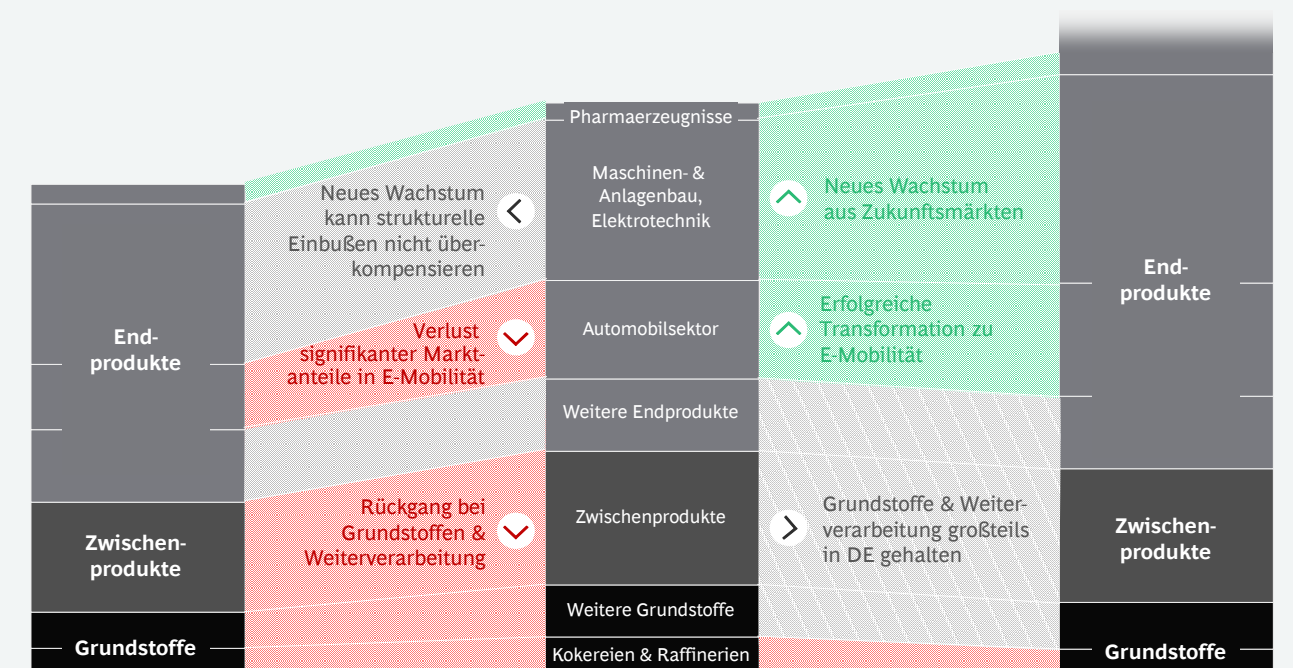
Bei einem „Weiter so“ droht Deutschland in den kommenden Jahren ein **schleichender De-industrialisierungsprozess**. Energieintensive Grundstoffsektoren leiden unter wachsenden Wettbewerbsnachteilen durch hohe Energiekosten und Belastungen aus der anstehenden Transformation. Zwischenprodukte wie Kunststoffe oder die metallverarbeitende Industrie werden ebenfalls durch hohe Energiekosten sowie die Verteuerung der Grundstoffe belastet. Die Automobilindustrie droht, im (E-)Auto-Markt der Zukunft Marktanteile an neue Wettbewerber aus China zu verlieren. Dem Maschinen- und Anlagenbau könnten damit wesentliche nationale Absatzmärkte wegbrechen – während gleichzeitig Exporte schwieriger werden und der Sektor selbst darum kämpft, den Anschluss bei Digitalisierung und KI zu halten. In den großen Zukunftstechnologien rund um die Klimawende droht Deutschland den Standortwettbewerb gegen Länder wie die USA und China zu verlieren, die den Aufbau dieser Industrien aktiv unterstützen. Große Teile der deutschen Industrie würden schrumpfen, Wachstumssektoren könnten den Rückgang nicht ausgleichen; Deutschland würde in Summe ärmer.

Um diesen Prozess aufzuhalten, muss Deutschland so schnell wie möglich einige entscheidende Weichen richtig stellen. Deutschlands Industrie braucht sowohl eine starke Basis an Grundstoffsektoren als auch wettbewerbsfähige Zwischenprodukte und innovative Endprodukte. Einige Industrien wie die Grundstoffindustrien und Zwischenprodukte müssen sich neu erfinden, um auch in einer Welt höherer Energiekosten und sinkender Emissionen profitabel produzieren zu können. Die Politik sollte Unternehmen in diesen Sektoren bei der Transformation unterstützen, um ihnen dafür die beste Erfolgchance zu geben. Deutschlands größter Industriesektor, die Automobilindustrie, steht mit der Elektrifizierung vor einer der größten Herausforderungen seiner Geschichte. Aufgrund der starken Wertschöpfungsverbünde der Automobilindustrie mit den Grundstoffindustrien (z. B. Stahl und Aluminium), der Zwischenproduktion (z. B. Kunststoffe und Metallverarbeitung) sowie anderen Endprodukten (z. B. Elektro- und Digitalindustrie oder Maschinen- und Anlagenbau) sollte ein Erhalt der globalen Marktführerschaft deutscher Autohersteller auch in der E-Mobilität eine der zentralen industriepolitischen Prioritäten sein (siehe Abbildung 47). Gleichzeitig sollte Deutschland die richtigen Rahmenbedingungen schaffen, um eine starke Ausgangsposition in attraktiven Zukunftsmärkten rund um die Klimawende, industrielle Automation und Gesundheit in einem schärferen internationalen Standortwettbewerb in tatsächliches Industriewachstum zu übersetzen.

Wirtschaftswachstum v. a. durch erfolgreiche Transformation bei Endprodukten

ABBILDUNG 46 | Industrielle Bruttowertschöpfung heute und in zwei Transformationsszenarien für 2035

Bruttowertschöpfung in 2035 bei **unzureichender Transformation** ← **Bruttowertschöpfung heute: ~ 770 Mrd. €** → **Bruttowertschöpfung in 2035 bei erfolgreicher Transformation**

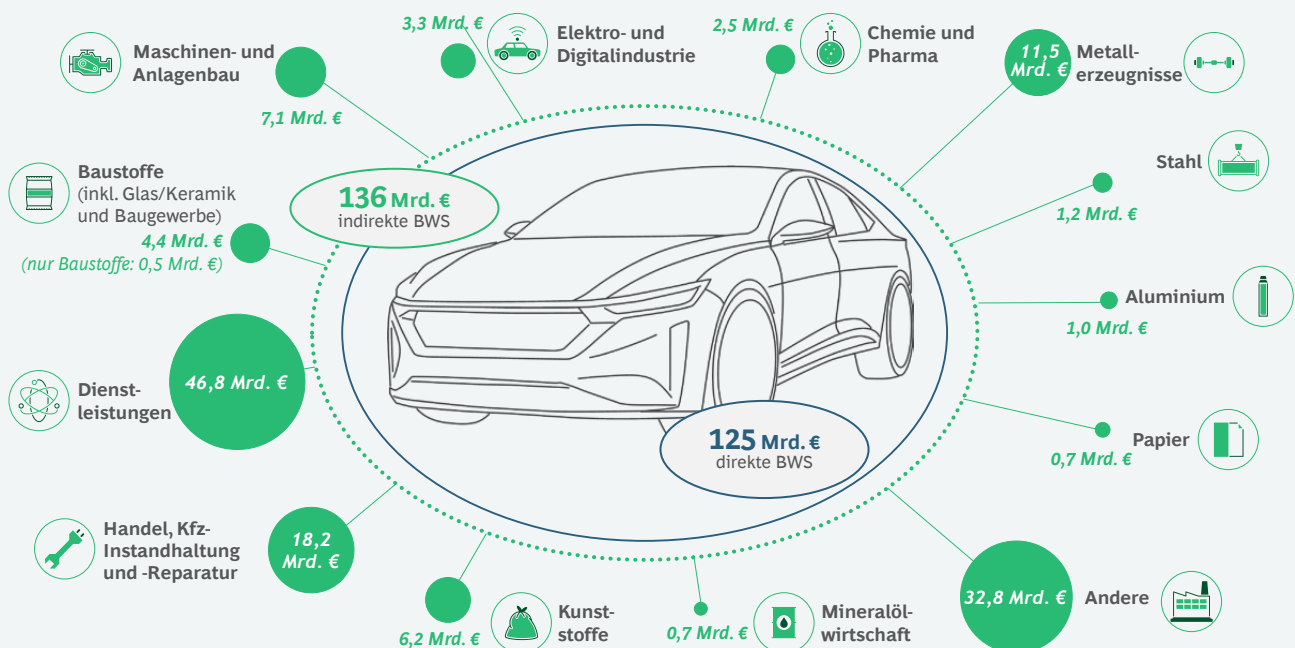


Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Analyse BCG und IW

Die Automobilindustrie löst das 1,1-fache ihrer Wertschöpfung zusätzlich in anderen Sektoren aus

ABBILDUNG 47 | Durch Vorleistungen für die deutsche Automobilindustrie direkt und indirekt ausgelöste Wertschöpfung

Direkt (innen) und indirekt ausgelöste Wertschöpfung durch Vorleistungen (außen) für die deutsche Autoindustrie (in Mrd. €, 2022)



Hinweis: BWS = Bruttowertschöpfung
Quelle: Analyse BCG und IW

Wenn diese Transformation gelingt, kann Deutschland auch zukünftig als wachsender Industriestandort erfolgreich sein. Deutschland hätte sein Fachkräfteproblem erfolgreich überwunden – mit Hilfe entschlossener Digitalisierung, Bildung und qualifizierter Zuwanderung. Die deutschen energieintensiven Industrien (Grundstoffe wie Zwischenprodukte) wären mit neuen Wertschöpfungsketten und dekarbonisierten Prozessen weiter ein starkes Fundament des deutschen Standorts. Der Automobilsektor wäre mit alternativen Antrieben in Europa und auf dem Weltmarkt ebenso erfolgreich, wie er es traditionell mit Verbrennern war. Der Maschinen- und Anlagenbau, die Elektro- und Digital- sowie die Pharmaindustrie hätten Deutschland mit Lösungen für einige der größten Herausforderungen der Menschheit – Klimawende, Digitalisierung, Gesundheit – neue Technologievorsprünge und Wachstumsmärkte erschlossen.

4.1 Die Chemieindustrie muss zentrale Produktionsketten umstellen

Chemie und Pharma in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 64 Mrd. €

Produktion: 164 Mrd. €

Auslandsumsatz: 62 %

Beschäftigung: 480.000 Personen

Die Chemieindustrie⁹⁵ ist einer der größten Industriesektoren in Deutschland und trägt mit ihrem hohen Exportvolumen erheblich zum wirtschaftlichen Erfolg des Standorts bei. Die Unternehmen des Sektors erwirtschaften zusammen rund 10 % der gesamten industriellen Wertschöpfung in Deutschland und sind ein zentraler Materiallieferant für fast alle anderen deutschen Industriesektoren. Die hiesigen chemischen Wertschöpfungsketten umfassen vor allem drei große Produktgruppen:

- Grundstoffchemikalien (anorganisch und organisch), die als Ausgangsstoffe für viele andere Produkte dienen (Industriegase, Olefine, Aromaten etc.)
- Weiterverarbeitete und hochentwickelte Spezialchemikalien, die einen hohen Wert und ein breites Anwendungsspektrum haben (z. B. Polymere, Beschichtungen, Katalysatoren, Additive)
- Pharmazeutika und Konsumchemikalien, die für die Gesundheit und den täglichen Gebrauch bestimmt sind (z. B. Reinigungsmittel, Körperpflegeprodukte, Haushaltschemikalien)

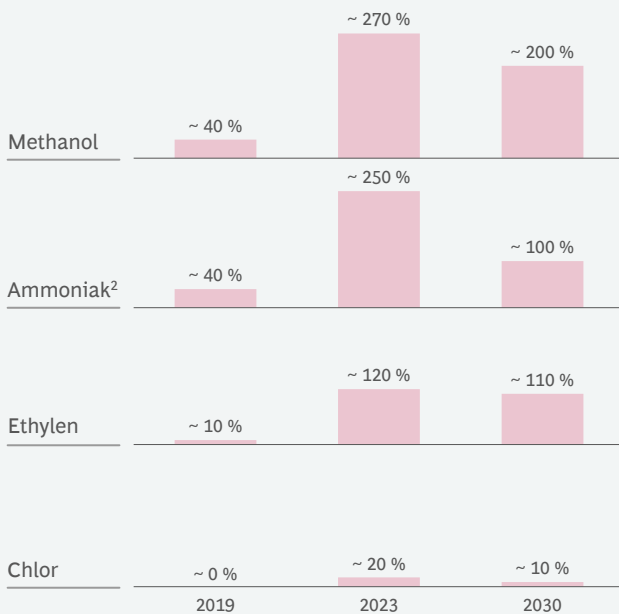
⁹⁵ Die Chemieindustrie steht in diesem Kapitel gleichbedeutend für die chemisch-pharmazeutische Industrie und ist in den Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08–20 und -21.

Chemische Grundstoffe haben in Deutschland einen erheblichen Kostennachteil

ABBILDUNG 48 | Produktionskostenentwicklung und -volumen wesentlicher chemischer Grundstoffe

Deutsche Chemieproduktion anhaltend teurer

Produktionskostennachteil deutscher Produktion¹ (in Mt)



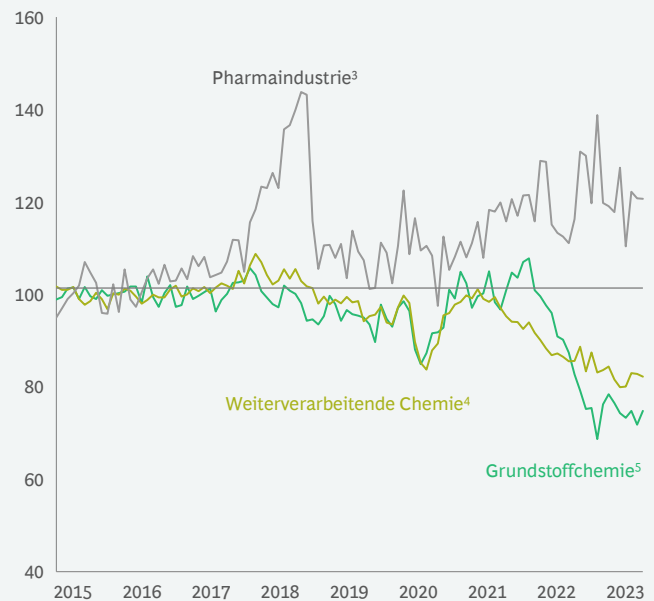
1. Deutsche Produktionsmehrkosten basierend auf Rohstoff-, Energie- und CO₂-Kosten im Vergleich zu USA, China und Saudi-Arabien (nur in 2030)

2. Ammoniak in 2030 unter CBAM-Schutz im Gegensatz zu Methanol, daher niedrigerer Produktionskostennachteil 3. Klassifikationen der Wirtschaftszweige: WZ 21 4. WZ 20.2 – 20.6; 5. WZ 20.1

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); Nexant (2023); Analyse BCG und IW

Produktionsrückgang in Grundstoffen und Weiterverarbeitung

Produktionsindex in der Chemie Branche, (2015 = 100)



Der Chemiesektor ist dadurch eng mit zahlreichen anderen Sektoren verwoben, ermöglicht in vielen Anwendungen Innovation (u. a. auch in Klimatechnologien) und entfaltet an Verbundstandorten hohe Synergieeffekte. Darüber hinaus sind deutsche Chemieprodukte auch weltweit gefragt: Mit Ausfuhren im Wert von 254 Mrd. Euro⁹⁶ liegt der Sektor nach dem Automobilsektor (270 Mrd. Euro) auf Rang 2 der deutschen Exporte und trägt so erheblich zum wirtschaftlichen Erfolg der deutschen Industrie bei.

Die Energiekrise hat große Teile der Industrie empfindlich getroffen. In weiten Teilen der Industrie ist die Produktion sehr energieintensiv. Außerdem ist Erdgas (neben Erdöl) ein wichtiger Rohstoff zur stofflichen Nutzung in der Chemieproduktion (z. B. für die Herstellung von Ammoniak, Synthesegas, Wasserstoff und Methanol). Die zwischenzeitlich starken Anstiege der Gaspreise auf dem Höhepunkt der Krise haben daher v. a. bei gasbasierten Grundstoffchemikalien zu erheblichen Produktionseinbrüchen geführt. So ist die deutsche Produktion von Methanol seit 2019⁹⁷ um etwa

20 % gesunken, die Produktion von Ammoniak sogar um 30 %. Auch bei anderen Grundstoffen setzten höhere Energiekosten und schwache Nachfrage die deutsche Chemieproduktion stark unter Druck (siehe Abbildung 48).⁹⁸

Die Aussicht auf dauerhaft höhere Rohstoff- und Energiekosten stellt die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Grundstoffchemie in Frage. Es ist aus heutiger Sicht unwahrscheinlich, dass industrielle Erdgas- und Energiepreise in Deutschland wieder das stabile Vorkrisenniveau erreichen.⁹⁹ Gemäß aktuellen Prognosen werden deutsche Chemieproduzenten deswegen noch im Jahr 2030 rund das Drei- bis Fünffache für Erdgas zahlen wie Wettbewerber in den USA und rund das Doppelte wie Wettbewerber in China. Dies führt zu erhöhten Produktionskosten – sowohl für die Bereitstellung von thermischer und elektrischer Energie, die für die meisten chemischen Prozesse notwendig ist, als auch für die stofflich genutzten Erdgasmengen. Vor allem die Produktion der wichtigen Grundstoffe (i. W. Methanol, Ammoniak etc.) ist deswegen auch langfris-

⁹⁶ 141 Mrd. € entfallen auf chemische Erzeugnisse und 113 Mrd. € auf pharmazeutische Erzeugnisse.

⁹⁷ Danach wurde die Produktion zunächst v. a. durch die Corona- und anschließend die Energiekrise stark beeinflusst.

⁹⁸ Lediglich der Produktionswert von Pharmazeutika und Polymeren stieg weiter an, was jedoch v. a. auf höhere Verbraucherpreise als Konsequenz der hohen Inflation zurückzuführen war.

⁹⁹ Durch die Abhängigkeit vom internationalen LNG-Markt (siehe Kapitel 1.3.1).

tig einem erheblichen Kostennachteil ausgesetzt (siehe Abbildung 48). Darüber hinaus wird die grüne Transformation die chemische Produktion durch steigende CO₂-Preise, Aufschläge für CBAM-belastete Produkte¹⁰⁰ und höhere Kosten für nicht fossile Energieträger und Rohstoffe zusätzlich verteuern.¹⁰¹ Ein wirk-samer CO₂-Außenschutz ist für diese Mehrkosten aktu-ell nicht in Sicht – erst recht nicht für für das erhebli-che Exportgeschäft. Gleichzeitig wächst der internatio-nale Wettbewerb durch den Aufbau neuer Standorte im Mittleren Osten und Asien, was die Margen des Sektors weiter unter Druck setzt.

Chemische Wertschöpfungsketten sind sehr unter-schiedlich betroffen, aber rund ein Drittel der gesam-ten Chemieproduktion ist von Abwanderung bedroht. Die Wertschöpfungsketten der Industrie sind höchst komplex und von steigenden Energiekosten sehr unter-schiedlich betroffen. Verschiedene Chemieprodukte und Wertschöpfungsstufen unterscheiden sich deutlich in ihrer Energie- und Rohstoffintensität. Manche Pro-dukte sind kaum transportierbar und unterliegen aus diesem Grund weniger internationalem Wettbewerbs-druck. An vielen Verbundstandorten ist die chemische

Weiterverarbeitung direkt an die Grundstofferzeugung und i. d. R. an Raffinerien angebunden (siehe Exkurs Raffinerien) und ließe sich entweder ökonomisch oder sogar technisch nicht isoliert betreiben. Insgesamt sind etwa 40 Mrd. Euro der Chemieproduktion in Deutschland stark oder sehr stark abwanderungsge-fährdet, was fast 30 % des gesamten Produktionswerts entspricht (siehe Abbildung 49). Die wichtigsten Wert-schöpfungsketten sind dabei sehr unterschiedlich betroffen (siehe Abbildung 50 und 51):

- **Cracker-basierte Wertschöpfungsketten stehen vor herausfordernden Zeiten.** Mehr als die Hälfte der Wertschöpfung in der deutschen Grundstoffchemie findet in der Aufbereitung von Kohlenwasserstoffen zu diversen Produkten (bspw. Kunststoffen) statt. In deutschen Steamcrackern entstehen aus überwie-gend fossilem Naphtha Primärchemikalien (Ethylen, Propylen, Butadien und Aromate). Diese bilden den Ausgangspunkt für zahlreiche chemische Wertschöp-fungsketten. Viele Crackerprodukte – insbesondere Olefine – lassen sich nur aufwendig transportieren und lagern. Aus diesem Grund sind Cracker über-wiegend in Verbundstrukturen integriert.

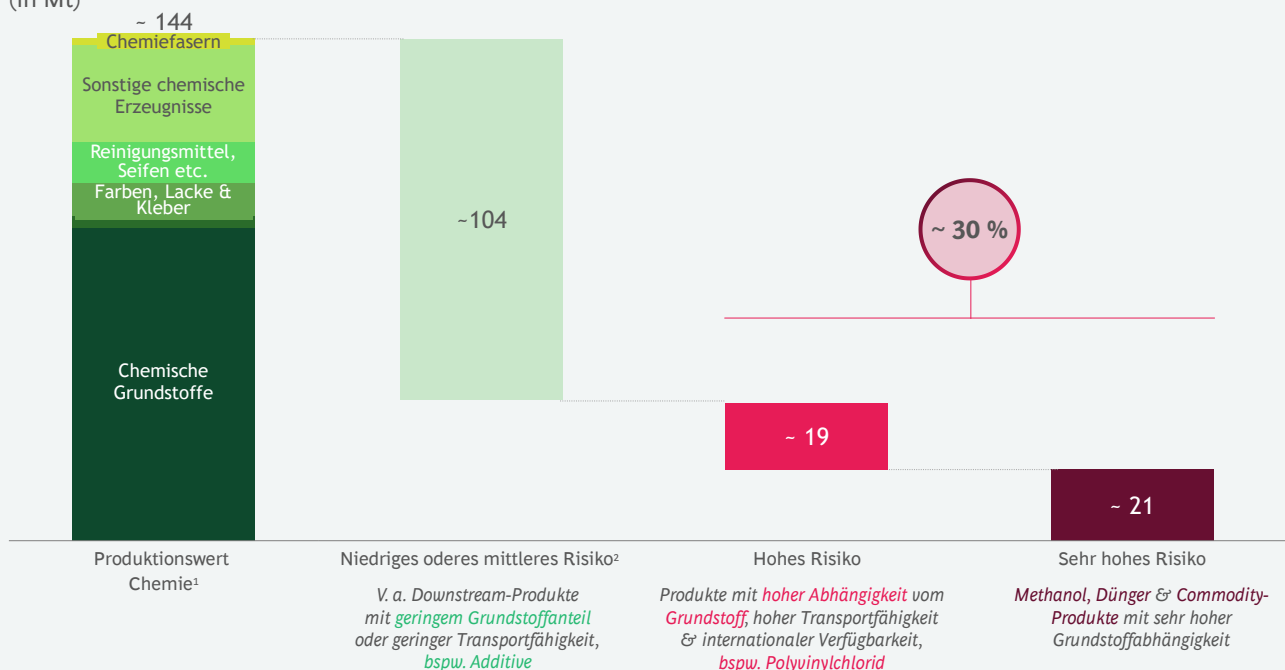
¹⁰⁰ Dies schwächt v. a. auch nachgelagerte Wertschöpfungsketten, da Grundstoffe, die bereits jetzt im CBAM erfasst werden (Ammoniak, Salpetersäure, Dünger), durch die erhöhte CO₂-Preisbelastung teurer in nachgelagerte Prozesse fließen – unabhängig davon, ob importiert oder hier erzeugt erzeugt.

¹⁰¹ Aufgrund der Commodity-Eigenschaft vieler Chemikalien ist aktuell kaum ein Green-Premium erzielbar.

Fast ein Drittel der deutschen Chemieproduktion ist gefährdet

ABBILDUNG 49 | Produktionswert der Chemieindustrie 2022 nach Abwanderungsrisiko

Chemieproduktionswert 2022 (exkl. pharmazeutischer Produktion)
(in Mt)



1. WZ: 20 und 21 2. Insbesondere Chemieprodukte in den folgenden Klassen: 20.12 Farbstoffe und Pigmente, 20.2 Schädlingsbekämpfung etc., 20.3 Anstrich-mittel, Farben etc., 20.4 Seifen, Reinigungsmittel etc., direkt zugeordnet zu niedrigem Risiko
Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); VCI (2023); Analyse BCG und IW

Steamcracking ist ein sehr energieintensiver Prozess, der zur Erreichung von Temperaturen jenseits der 800°C in Deutschland derzeit weitgehend mit Erdgas betrieben wird und zukünftig entsprechend der Pläne der Hersteller elektrifiziert werden soll. Aufgrund der gestiegenen Preise sowohl für Gas als auch Strom haben deutsche Hersteller mit diesem Produktionsprozess auf absehbare Zeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette einen erheblichen Kostennachteil. Dieser Kostennachteil wird v. a. solche Produktionsstandorte empfindlich treffen, die einen hohen Anteil international handelbarer Endprodukte herstellen (vor allem gut transportierbare Produkte wie Polyvinylchlorid), und gefährdet dort geschlossene Wertschöpfungsketten. Gleichzeitig verfügen Naphthabasierte Steamcracker über ein breiteres Produktportfolio als erdgasbasierte. Standorte mit einem stärker diversifizierten Verbund können Wettbewerbsnachteile einzelner Produkte wie Ethylen daher leichter durch andere Produkte oder nachgelagerte Wertschöpfungsstufen ausgleichen. Vor allem kurz- und mittelfristig sind viele Standorte zudem durch global begrenzte Produktionskapazitäten in einem insgesamt wachsenden Markt für chemische Grundstoffe geschützt – wie auch durch effiziente Verbundproduktion und die geringen Kapitalkosten bestehender Anlagen. Dennoch werden an vielen Standorten höhere Transformationsinvestitionen erforderlich sein – zum Beispiel in Elektrifizierung, neuen Produktionstechnologien wie MtX¹⁰², biotechnologischen Verfahren und dem zunehmenden Einsatz biogener und recycelter Feedstocks.

- **Die Chlor-Wertschöpfungskette bleibt in Deutschland bei Erhalt bestehender Strompreisentlastungen grundsätzlich wettbewerbsfähig, wird aber teilweise durch Prozessabhängigkeiten unwirtschaftlich:** Chlor wird über die strombasierte Chloralkali-Elektrolyse aus Natriumchlorid hergestellt. Dabei entsteht als weiteres Produkt mit einem relativ festen Mengenverhältnis auch Natronlauge. Dieser stromintensive Prozess hat unter den zwischenzeitlich stark gestiegenen Strompreisen im Zuge der Energiekrise gelitten, aber durch die bestehenden Strompreisentlastungen und sinkenden Wholesale-Preise mittelfristig wieder eine positive Perspektive. Trotzdem ist ein Teil der Produktion in Deutschland bedroht, da rund 40 % des in Deutschland produzierten Chlors für die Produktion von Vinylen wie Polyvinylchlorid (PVC) weiterverarbeitet werden – und dafür zunehmend teures Ethylen eingesetzt werden muss. Der potenzielle Wegfall

von Chloranwendungen hätte große Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Chloralkali-Elektrolyse.¹⁰³ Aufgrund einer geringeren Auslastung würde der Prozess beider Produkte deutlich ineffizienter und damit teurer. Darüber hinaus würde ein stark verändertes Bedarfsverhältnis nach Chlor und Natronlauge Anpassungen in Verbundstrukturen nach sich ziehen. Dies hätte wiederum Auswirkungen auf eine Vielzahl von Produkten: Chlor und Natronlauge werden u. a. als elementare Vorprodukte von Verbundstandorten in höherwertigen Wertschöpfungsketten benötigt und könnten aufgrund der sehr eingeschränkten Lager- und Transportfähigkeit nicht günstig importiert werden.

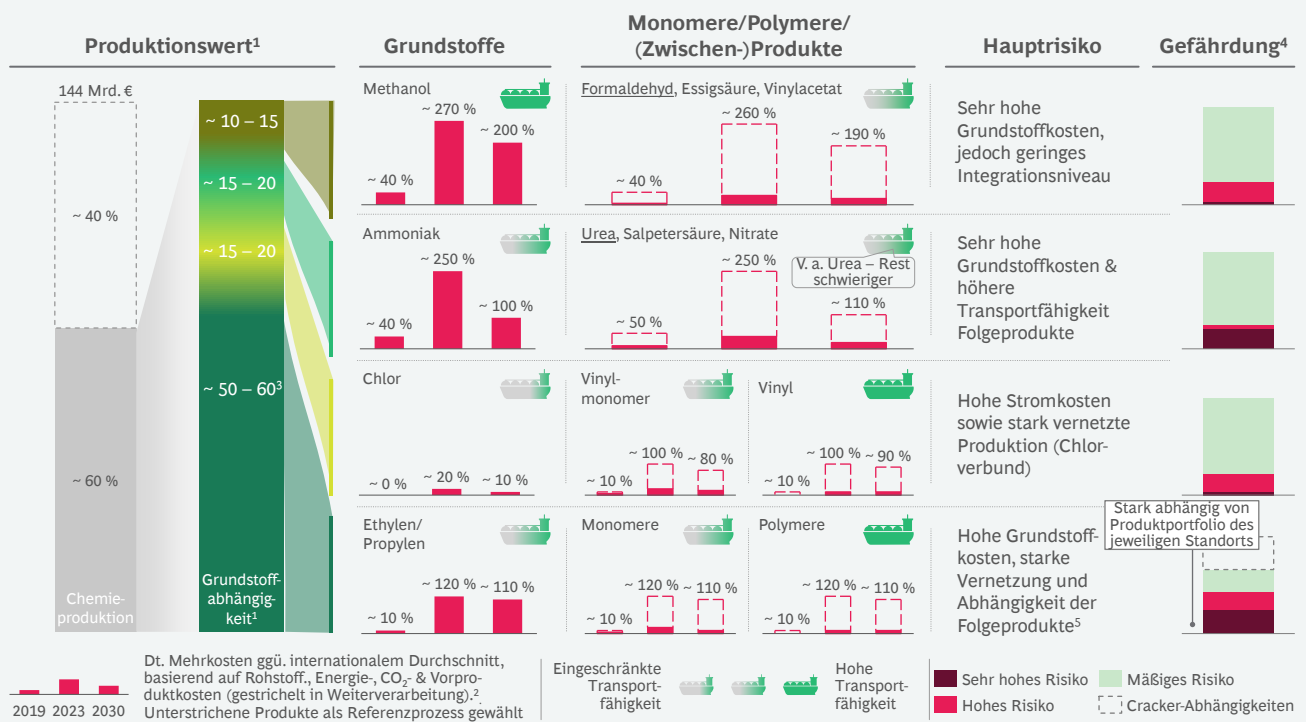
- **Die Herstellung von Ammoniak und einiger direkter Folgestufen sind durch sinkende Exporte und möglichen Import stark von Abwanderung bedroht.** Die Herstellung von Ammoniak ist sehr gasintensiv. Erdgas wird aktuell einerseits als Feedstock für die Herstellung von Wasserstoff und andererseits als Energiequelle für die erforderlichen Hochtemperaturprozesse verwendet. Aufgrund hoher Preise wurde die deutsche Produktion in den letzten Jahren bereits deutlich gedrosselt. Perspektivisch sind weitere Schließungen von Produktionsanlagen wahrscheinlich, vor allem wenn sich Kosten im Zuge der erforderlichen Umstellung auf (in Deutschland noch weniger wettbewerbsfähigem) grünen Wasserstoff weiter erhöhen. Ammoniak wird bereits heute in signifikanten Mengen global gehandelt (~ 20 Mt pro Jahr). Aktuell sind die Infrastrukturkapazitäten (Terminals und Schiffe) für weitere Importvolumina in Deutschland jedoch stark begrenzt. Mit dem angepeilten Hochlauf des Ammoniakhandels als Wasserstoffderivat wird dieser Engpass womöglich mittelfristig beseitigt – das wiederum löst zusätzlichen Wettbewerbsdruck auf die hiesige Produktion aus. Daher ist die Handelbarkeit von Folgeprodukten entscheidend für ihre Betroffenheit. Leicht transportierbare Produkte wie Dünger sind mittel- bis langfristig sehr stark von Abwanderung und einem Ersatz durch Importe bedroht, sofern sie nicht regulatorisch unterstützt werden (z. B. in Form einer nationalen Sockelproduktion für Düngemittel). Bei anderen, schwerer handelbaren Produkten können dagegen die Kostensteigerungen wahrscheinlich an Kunden weitergegeben werden.
- **Die Methanolproduktion unterliegt dem Risiko, langfristig in Deutschland nicht mehr wettbewerbsfähig zu sein, ein Großteil der folgenden Wertschöpfungskette aber durchaus.** Auch in der konventio-

¹⁰² Methanol-to-Olefin und Methanol-to-Aromats.

¹⁰³ Das Wegfallen von Downstream-Anwendungen hätte direkte Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Chloralkali-Elektrolyse: Wird keine Verwendung für den anfallenden Chlor gefunden, müsste dieser womöglich mit hohen Folgekosten gelagert werden.

~ 60 % der Chemieproduktion hängen an vier Grundstoffen

ABBILDUNG 50 | Kostennachteile und resultierende Gefährdungen in den größten chemischen Grundstoffketten



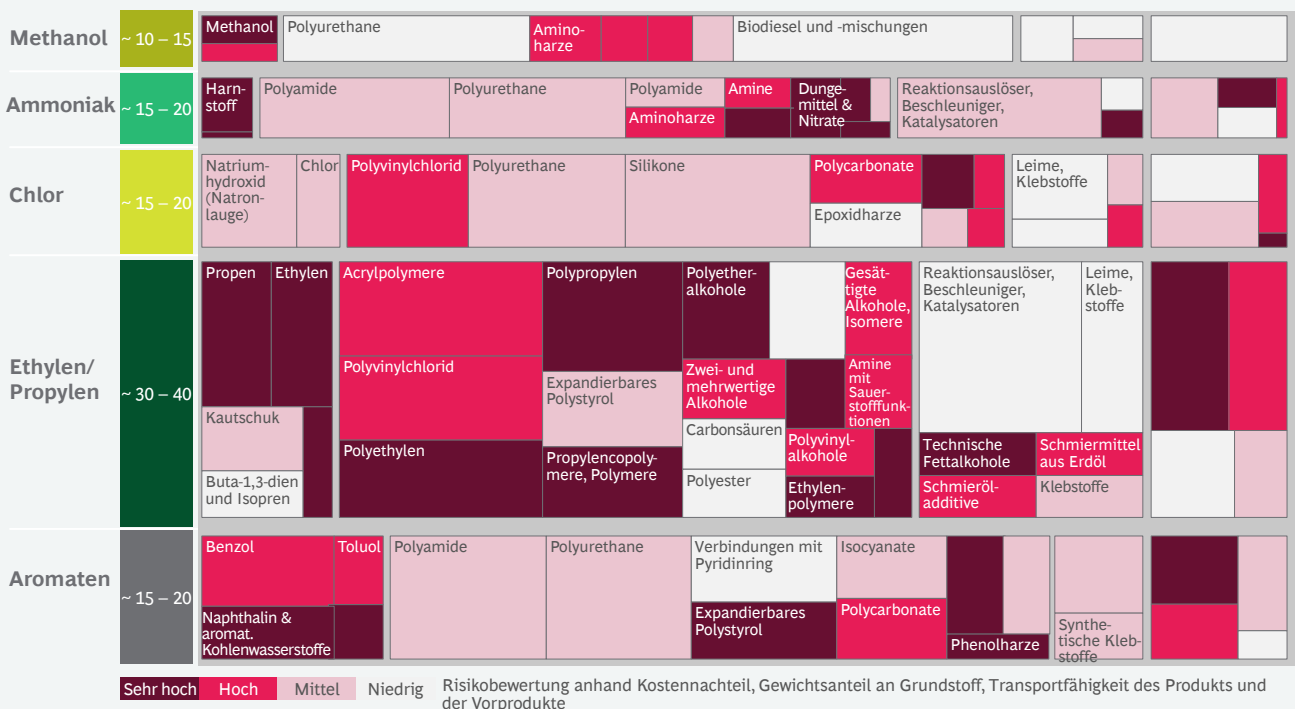
1. Summe von individuellen Produktionswerten größer als 60 % des Gesamtwertes, da mehrere Grundstoffe in Prozesse einfließen können 2. Alle Prozesse mit Gas als Wärmequelle berechnet, berücksichtigt für Chlor keine möglichen By-Product-Credits, als Vergleichsländer China, USA und KSA (ab 2030) angenommen 3. Beinhaltet auch Aromaten-Produktionswertabhängigkeiten 4. Gemessen am Produktionswert 5. Weitere Cracker-Abhängigkeiten (Aromaten-WSKs etc.) ggf. ebenfalls aufgrund von ausgelösten Produktionsrückgängen gefährdet

Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); VCI (2023); Nexant (2023); Analyse BCG und IW

Chemische Wertschöpfungsketten sind sehr unterschiedlich betroffen

ABBILDUNG 51 | Gefährdung verschiedener chemischer Wertschöpfungsstufen in großen Grundstoffketten

Produktionswertabhängigkeiten (in Mrd. €)



Quelle: Statistisches Bundesamt (2023); VCI (2023); Analyse BCG und IW

nellen Methanolproduktion wird Erdgas als wichtiger Feedstock zur Erzeugung von Synthesegas und als Energieträger genutzt. Entsprechend waren auch die deutschen Methanolproduzenten massiv vom Gaspreisanstieg betroffen und werden voraussichtlich auch künftig klare Kostennachteile in Deutschland haben. Methanol ist gut transportierbar und nur selten unmittelbar an die Weiterverarbeitung gekoppelt. Aus diesem Grund sollte die erheblich größere nachgelagerte Wertschöpfungskette mit kostengünstigeren Methanolimporten in Deutschland gehalten werden können (z. B. Formaldehyd und Essigsäure, siehe Abbildung 50). Kurz- und mittelfristig stehen global nicht ausreichend Kapazitäten zur Verfügung, um die heimische Produktion in großem Umfang durch Importe zu ersetzen. Insbesondere im Hinblick auf stabile Lieferketten werden sich nachgelagerte Wertschöpfungsketten auch langfristig nicht ausschließlich auf Importe verlassen können.

Die Klimatransformation wird für den Sektor ein weiterer Kraftakt. Neben der Senkung eigener Emissionen stehen Chemieunternehmen vor der noch größeren Herausforderung, ihre Wertschöpfungsketten auf nicht fossile Feedstocks umzustellen, da mehr als die Hälfte der Treibhausgasemissionen des Sektors erst nach dem Nutzungsende seiner Produkte entsteht (z. B. bei der Verbrennung von Abfällen). Ersteres erfordert vor allem eine Umstellung aller Prozesswärmeanwendungen auf Strom (z. B. E-Cracker, Power-to-Heat oder Wärmepumpen), biogene Energieträger oder Wasserstoff, Letzteres den graduellen Ersatz fossiler Wasserstoffproduktion für Ammoniak und Methanol durch CO₂-armen Wasserstoff und den Ersatz von fossilem Naphtha in bestehenden Cracker-Prozessen durch recycelte oder synthetische Kohlenwasserstoffe. Die Stärkung von Recycling (mechanisch und chemisch) sowie der Einsatz von Biomasse¹⁰⁴ kann langfristig den fossilen Einsatz und den Grundstoffbedarf von High-Value Chemicals minimieren. Ein alternativer Hebel wäre der erweiterte Einsatz von Carbon Capture, Utilization and Storage in der Chemieproduktion – der

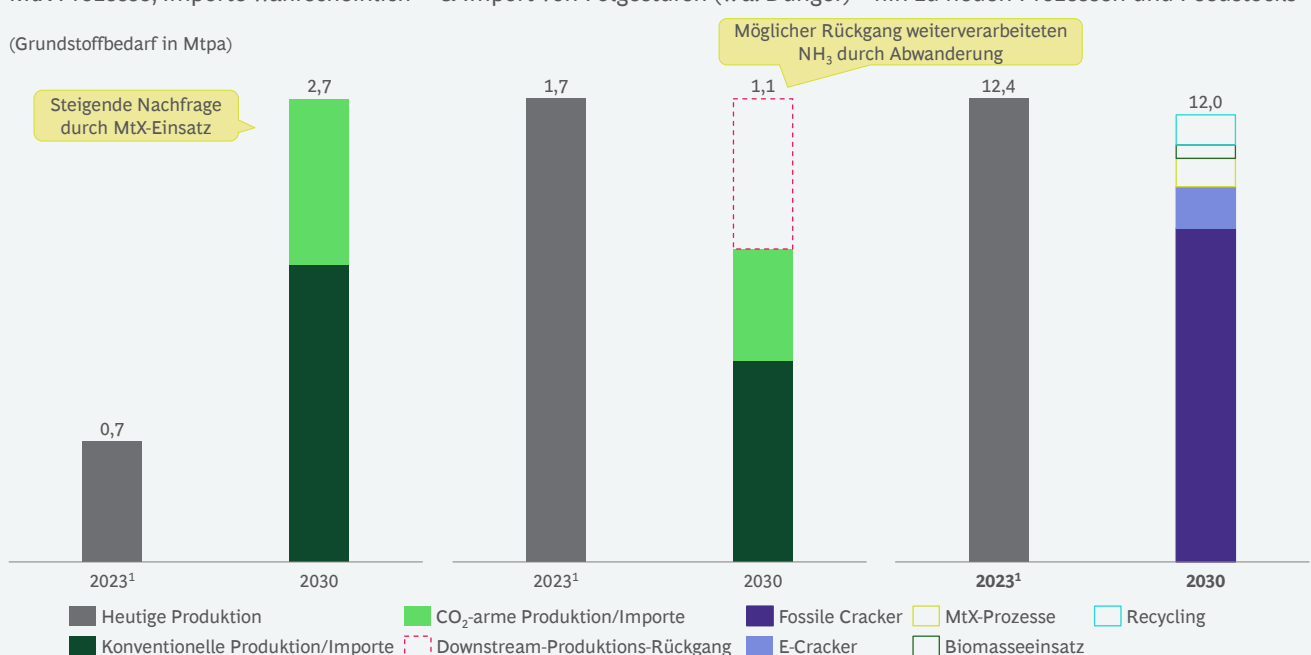
¹⁰⁴ Biomasse bietet eine nachhaltige Möglichkeit, den Produktionsbedarf fossiler Cracker zu senken. Durch Verfahren wie Pyrolyse und Vergasung entstehen aus Biomasse Kohlenwasserstoffe und Synthesegas, die als Ausgangsmaterialien für chemische Prozesse dienen; so können fossile Rohstoffe ersetzt werden. Zudem ermöglicht die Fermentation von Biomasse die Produktion von Ethanol, welches durch weitere chemische Schritte bspw. in Rhamnolipide umgewandelt werden kann. Auch katalytische Verfahren tragen zur direkten Umwandlung von Biomassederivaten in High-Value-Chemikalien bei. Die Chemieindustrie geht von einem jährlich mobilisierbaren Potenzial von ~ 6 bis 26 Mt Biomasse in 2030 aus; die komplette Nutzung in chemischen Prozessen scheint jedoch aufgrund möglicher Konkurrenz mit anderen Sektoren unwahrscheinlich.

Die Chemie muss zentrale Produktionsketten umstellen

ABBILDUNG 52 | Transformationspfad verschiedener chemischer Wertschöpfungsketten

Methanol: Steigende Nachfrage durch MtX-Prozesse, Importe wahrscheinlich **Ammoniak:** Teilweise Exportrückgang & Import von Folgestufen (v. a. Dünger) **High-Value Chemicals:** Verlagerung hin zu neuen Prozessen und Feedstocks

(Grundstoffbedarf in Mtpa)



1. Als Startwert 2023 Durchschnitt von 2021 und 2022 angenommen, um eingetretene Erholung ggü. Produktion 2022 zu berücksichtigen
Hinweis: CO₂-arme Quelle bei NH₃ und MeOH basiert auf RED-II-Industrieziel von 42 % CO₂-armem H₂ in stofflicher Nutzung | VCI (2023)
Quelle: Analyse BCG und IW

jedoch eine breitere Grundsatzdiskussion erfordert (siehe Kapitel 5.2.2). Diese Transformation wird Chemieunternehmen in Deutschland vor eine erhebliche technische und finanzielle Herausforderung stellen. Zum einen sind neben bereits laufenden Investitionen¹⁰⁵ weitere Aufwendungen in bestehende Standorte nötig, um Wertschöpfungsketten zukunftsfest umzubauen und Emissionen zu senken. Zum anderen erhöhen sich Betriebskosten durch den gleichzeitigen Wechsel auf nicht fossile Energieträger und Feedstocks gleich doppelt, was nach heutigem Stand durch geplante Schutzmechanismen wie den europäischen CBAM kaum wirksam ausgeglichen werden kann.

Gleichzeitig eröffnet die Klimatransformation auch eine Reihe von Wachstumschancen für die Chemieindustrie, deren Vorprodukte für einige grüne Technologien essenziell ist. Für einen Großteil klimafreundlicher Technologien sind Produkte der Chemieindustrie erforderlich, bei denen der Sektor gleichzeitig an innovativen Lösungen zur Verbesserung dieser klimafreundlichen Technologien arbeitet – von Verbundkunststoffen für Windräder bis zu besserer Batterietechnologie und Katalysatoren für die effizientere Produktion von Wasserstoff. Dadurch wird die Nachfrage nach einer Reihe von Chemieprodukten aus diesen Wachstumssektoren zukünftig erheblich steigen, wovon vor allem innovative deutsche Unternehmen profitieren können. Gleichzeitig steigt wegen regulatorischer Anforderungen die Nachfrage nach nicht fossilen Kunststoffen und eröffnet der Industrie die Chance, zunehmend biogene und recycelte Kohlenwasserstoffe in ihre Prozesse zu integrieren, in denen sie gegenüber internationalen Wettbewerbern einen geringeren Kostennachteil hat. Zu guter Letzt ist auch die pharmazeutische Industrie ein erheblicher möglicher Wachstumstreiber des deutschen Industriesektors, der für seine Produkte auf chemische Vorprodukte angewiesen ist wie kaum ein anderer (siehe Kapitel 3.2.5).

Die Politik sollte die anstehende Transformation der chemischen Industrie unterstützen, um die chemische Wertschöpfung in Deutschland zu sichern und sie für die kommenden Dekaden wettbewerbsfähig umzubauen. Dafür sind vier zentrale Hebel nötig.

- **Der Sektor benötigt Unterstützung bei der Klimatransformation und dem Umbau von Wertschöpfungsketten.** Um die Defossilisierung in der chemischen Industrie voranzutreiben, sollten Investitionen in innovative Prozesse wie E-Cracker, MtX, BtX, Recycling-Verfahren und CCU durch großzügige CAPEX- und Forschungsförderungen unterstützt werden. Zudem sollten Klimaschutzverträge ausgeweitet werden, um einerseits Mehrkosten für die Defossilisierung von Prozessen auszugleichen und andererseits ebenfalls Anreize für die Reduzierung von Scope-3-Emissionen zu setzen.
- **Für den Umbau ist die Chemie auf besseren Zugang zu erneuerbaren Feedstocks und Energieträgern angewiesen.** Das erfordert zum einen eine Beschleunigung der Energiewende mit schnellerem synchronisierten Ausbau von Erneuerbaren, Stromnetzen und Backup-Kapazität, um eine stabile und sichere Versorgung mit grünem Strom sicherzustellen. Zweitens sind viele Chemiestandorte zukünftig auf einen Anschluss an ein deutsches Wasserstoff- und an ein CO₂-Netz angewiesen. Um Unternehmen die breitere Anwendung von Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilization (CCU) zu ermöglichen, benötigen sie rechtssichere Rahmenbedingungen, die derzeit noch nicht existieren. Zudem sollte Deutschland die Kreislaufwirtschaft stärken, um einen sehr viel umfangreicheren Einsatz nicht fossiler Kohlenwasserstoffe in der Chemie zu ermöglichen. Neben mechanischem Recycling wird dafür auch chemisches Recycling benötigt, also die Zersetzung von Abfällen in ihre Grundchemikalien durch Pyrolyse, Vergasung oder Hydrolyse. Die Feststellbarkeit des Rezyklatanteils erfordert für Stoffe, bei denen der Rezyklatanteil nicht physisch nachgewiesen werden kann, die Erlaubnis von Massenbilanzen für die Dokumentation und Zertifizierung von nachhaltigen Materialströmen.

¹⁰⁵ 2022 wurden von der chemisch-pharmazeutischen Industrie etwa 20,5 Mrd. € investiert. Rund 9,4 Mrd. € sind davon ins Inland und der Rest ins Ausland geflossen, siehe: VCI (2023).

- **Der Sektor sollte im internationalen Wettbewerb unterstützt werden.** Um die Produktion in der chemischen Industrie zu sichern, für Hersteller Planungssicherheit zu schaffen und Investitionen in die Elektrifizierung chemischer Prozesse zu vereinfachen, sollten bestehende Entlastungsmechanismen fortgeführt und überarbeitet (bspw. Strompreiskompensation¹⁰⁶, § 19 StromNEV¹⁰⁷) sowie stark ansteigende Netzentgelte verhindert werden. Für kritische Güter wie Düngemittel könnte eine nationale Sockelproduktion etabliert werden, um Abhängigkeiten vom Ausland zu verringern. Darüber hinaus muss der Gesetzgeber einen Weg finden, den Sektor trotz seiner Komplexitäten effektiver vor Carbon-Leakage zu schützen.
- **Höhere Forschungsinvestitionen und grüne Märkte könnten auch in der Chemie neues Wachstum unterstützen.** Um neue Wachstumschancen zu erschließen, sollten innovative Schlüsseltechnologien und neue Wachstumsmärkte aktiv gefördert werden, insbesondere in der pharmazeutischen Industrie (siehe Kapitel 3.2.5). Außerdem sollte die Nachfrage nach emissionsarmen Produkten gestärkt werden, zum Beispiel durch die Definition einheitlicher Standards für grüne Produkte und – wo relevant – auch öffentliche Beschaffung, ohne gleichzeitig überbordende neue Bürokratie zu schaffen.

¹⁰⁶ Die Strompreiskompensation muss langfristig verstetigt, die Antrags- und Nachweisprozesse müssen vereinheitlicht und vereinfacht sowie die Begünstigtenliste überprüft werden (siehe Kapitel 5.1.1.).

¹⁰⁷ Auch für die Fortführung weiterer Entlastungstatbestände müssen Lösungen gefunden werden. So hätte der Wegfall der § 19 StromNEV (2) Satz 1 und 2 große Auswirkungen auf stromintensive Grundlastverbraucher – eine äquivalente Folgeregelung für Prozesse mit geringem Flexibilisierungspotenzial muss gefunden werden. Weitere Forderungen sind in Kapitel 5.1.1 dargestellt.

Exkurs: Raffinerien

Neben der Aufbereitung von Kraftstoffen für den Verkehrssektor bereiten Raffinerien wichtige Rohölprodukte wie Naphtha für nachgelagerte Industriezweige auf, insbesondere für die chemische Industrie. Raffinerien produzieren im Rahmen einer Koppelproduktion eine Vielzahl von Produkten, die zu einem beträchtlichen Teil in weit verzweigte Weiterverarbeitungsprozesse überführt werden. Davon fließen (in Tonnen gerechnet) rund 60 % als Diesel- oder Benzin-kraftstoffe sowie Kerosin primär in den Verkehr und rund 15 % als Heizöl (leicht und schwer) in die Wärmeerzeugung. Die verbleibenden rund 25 % gehen u. a. als Rohbenzin, Flüssig- oder Raffineriegase, Bitumen oder Petrolkoks an die Chemieindustrie und andere Bereiche des produzierenden Gewerbes. Zwischenprodukte aus den beziehenden Industrien wie der Petrochemie gehen zurück an die Raffinerien und werden dort zu hochwertigen Fertigprodukten weiterverarbeitet. Die Verbundeffekte durch Vernetzung, wechselseitigen Austausch von Vor- und Zwischenprodukten sowie gemeinschaftlichen Betrieb von Standortdienstleistungen und technischen Anlagen (bis hin zum Steamcracker) erhöhen die Standorteffizienz sowie die Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Industriepartner entscheidend.

Langfristig stehen Raffinerien vor der zentralen Herausforderung, dass die Kraftstoffnachfrage signifikant sinken wird. Aufgrund des bevorstehenden Fuel-Switchs in allen Sektoren, insbesondere im Verkehrsbereich, wird die Nachfrage nach raffinierten Rohölderivaten kontinuierlich abnehmen. Historisch gesehen sind Raffineriestandorte sehr große Anlagen. Deutschland ist mit einer Rohölverarbeitungskapazität von 104 Mt (2023) der größte Raffineriestandort in Europa. Insgesamt verteilt sich die Kapazität auf 13 Standorte. Die Größe dieser Standorte bedeutet, dass bei einer möglichen Abschaltung aufgrund von Unwirtschaftlichkeit sofort eine große Menge an Kapazität verloren geht. Dies stellt die Raffinerien vor die Notwendigkeit, ihre Geschäftsmodelle zu diversifizieren und auf nachhaltigere Produktionsmethoden umzusteigen. Daher muss die Politik geeignete Rahmenbedingungen für ein Gelingen dieser Transformation schaffen, um disruptive Entwicklungen und eine Gefährdung der Versorgungssicherheit zu vermeiden.

Ein wichtiger Aspekt ist die Integration erneuerbarer Energien und nachhaltiger Rohstoffe. Um Raffinerien auch zukünftig ein Geschäftsmodell bieten zu können, müssen einerseits die Abnehmerbranchen, v. a. die chemische Industrie, geschützt werden. Andererseits müssen neue Geschäftsmodelle ermöglicht werden. Der Druck hin zur Defossilisierung eröffnet Raffinerien aber auch neue Absatzmärkte – u. a. emissionsarme Moleküle und CCUS-Anwendungen. Beispielsweise könnte man die Standorte so umbauen und neu anschließen, dass importierte Kohlenwasserstoffe wie erneuerbares Methanol vor Ort weiterverarbeitet werden und die Wertschöpfung so teilweise in Deutschland gehalten werden kann. Für diese neuen Geschäftsmodelle sind einerseits harmonisierte Standards aufzusetzen – beispielsweise für die Anrechnung des verstärkten Einsatzes von Bio-komponenten (Co-Processing, Biokraftstoffe etc.) –, andererseits aber auch infrastrukturelle Rahmenbedingungen zu erfüllen, wie der Anschluss der Raffinerien an das Wasserstoff- und CCUS-Netz.

Um die benötigten erneuerbaren Ausgangsstoffe zu marktattraktiven Preisen zugänglich zu machen, ist ein globaler Markt für erneuerbare Moleküle erforderlich. Ein Anschub könnte beispielsweise durch zweckgebundene, wettbewerbsneutrale Finanzierungsinstrumente in allen Anwendungssektoren erzielt werden, etwa in Form einer SAF-Abgabe zur Förderung von SAF-Projekten (Sustainable Aviation Fuel).

4.2 Für den Baustoffsektor entstehen durch anstehende Klimaschutzinvestitionen neue Wettbewerbsrisiken

Baustoffe in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 12 Mrd. €

Produktion: 27 Mrd. €

Auslandsumsatz: 13 %

Beschäftigung: 123.000 Personen

Der deutsche Baustoffsektor ist das Rückgrat der Bauindustrie und stellt wesentliche Materialien für (u. a.) Deutschlands Infrastruktur- und Wohnungsbau.¹⁰⁸ Der Sektor umfasst die Gewinnung mineralischer Rohstoffe wie Naturstein, Kalkstein, Gipsstein, Tone, Kies und Sand, die Weiterverarbeitung zu Bindemitteln wie Zement, Kalk und Gips sowie die Herstellung von Baustoffen wie Beton, Kalksandstein, Porenbeton, Gipserzeugnissen, Mörtel und Dämmstoffen sowie von keramischen Erzeugnissen wie Ziegeln und Fliesen.¹⁰⁹ Dabei umfasst die Herstellung von Zement-, Beton- und Kalksandsteinerzeugnissen mit rund 30 % des Branchenumsatzes das größte Segment. Darauf folgen die Herstellung von Zement, Kalk und Gips sowie Baukeramik und die Gewinnung von Steinen und Erden, die je 10 % bis 15 % des Branchenumsatzes ausmachen. In allen Segmenten zeichnet sich ein wachsender Fokus auf nachhaltigere und energieeffiziente Baustoffe sowie mineralische Produkte in der Werkstoffentwicklung ab.

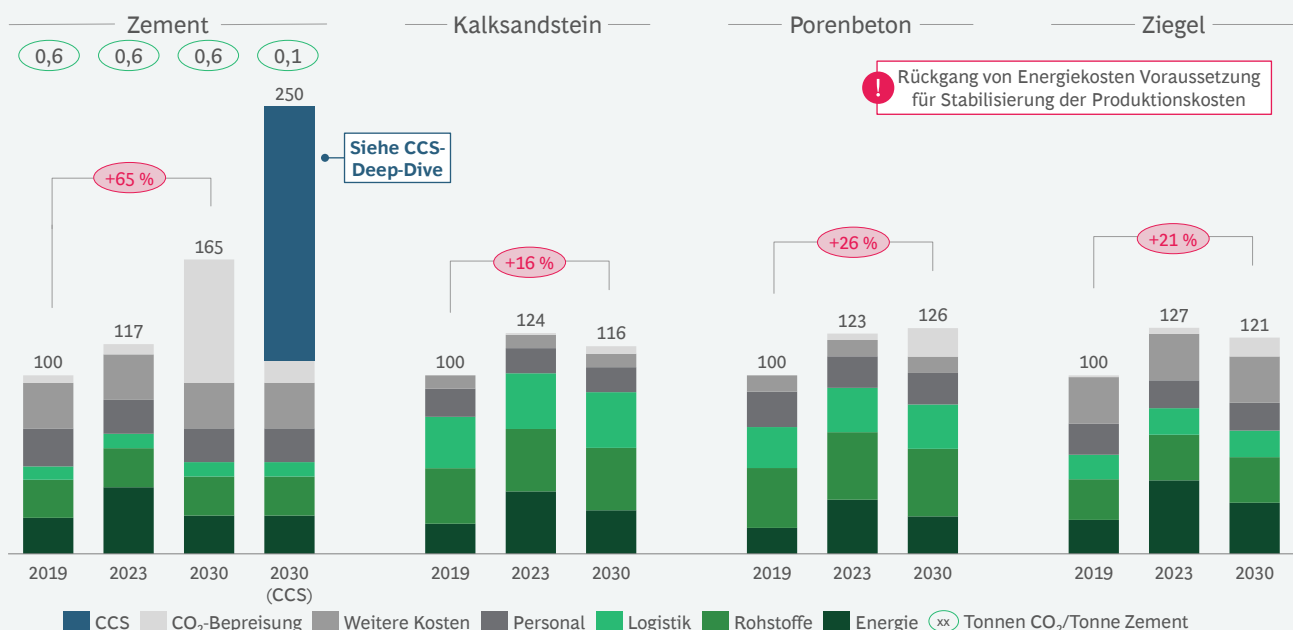
¹⁰⁸ Der Baustoffsektor ist hier in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08-08.1, 23.14, 23.2, 23.3, 23.5, 23.6, 23.7.

¹⁰⁹ Aufgrund vergleichbarer Herstellungsprozesse und entsprechender statistischer Abgrenzungen umfasst der Baustoffsektor in dieser Betrachtung auch die Herstellung von Haushalts- und industriell genutzter Keramik.

Produktionskosten vieler Baustoffe gestiegen, Zement vor weiterem Kostenanstieg

ABBILDUNG 53 | Produktionskosten verschiedener Baustoffe in 2019, 2023 und 2030 in Deutschland

Herstellungskosten unterteilt nach Kostenbestandteil¹ pro Jahr
(in % real 2023 und auf 2019 COGS des Produkts indiziert)



1. Annahme: Rohstoffmix, Energiemix, weitere Kostenanteile und CO₂-Emissionen pro Tonne Baustoff bleiben konstant (Ausnahme: 2030 grüner Zement)

Hinweis: Erhöhung von Herstellungskosten können durch Hedging oder PPAs geringer ausfallen

Quelle: Geschäftsberichte; B+L; JW; IHS; PBL; Fraunhofer-EU-Mineralwolle-Assessment; EPDs; Marktinterviews; BCG-Industrie-Benchmarking; Analyse BCG und IW

Im Zuge der Energiekrise haben rückläufige Bauinvestitionen die Konjunktur des Baustoffsektors deutlich geschwächt. Die gestiegenen Energiekosten und die Materialkosteninflation haben die Herstellungskosten von Baustoffen erheblich erhöht (siehe Abbildung 53). Zusätzlich hat die Verdreifachung des Zinsniveaus die Finanzierungskosten für Bauprojekte deutlich gesteigert und den Sektor empfindlich getroffen. Neben diesen akuten Herausforderungen leidet der Sektor auch strukturell unter langen Genehmigungsverfahren für Infrastruktur- und Großprojekte, die zu hohen Bürokratiekosten führen. Die Realisierungsdauer großer Bauprojekte ist seit 2015 um etwa ein Drittel gestiegen. Im Wohnungsbau haben zudem unklare regulatorische Anforderungen und wechselhaft Förderbedingungen (z. B. die Einstellung des KfW-Förderprogramms für den Neubau energieeffizienter Gebäude im Jahr 2022) die Bauaktivität gedämpft. Die Kombination dieser Herausforderungen hat dazu geführt, dass zwischen 2020 und 2023 die deutschen Bauinvestitionen um rund 7 % und die Baugenehmigungen im Hochbau – also im wohnungsbaunahen Bereich – sogar um 33 % zurückgegangen sind. Das resultierte in der Industrie bereits in mehreren Standortschließungen – zu einer Zeit, in der Deutschland eigentlich einen erheblichen (und steigenden) strukturellen Investitionsbedarf für Infrastruktur und Wohnraum vor sich herträgt.

Mittelfristig stehen vor allem CO₂-intensive Baustoffe vor großen Transformations- und Investitions Herausforderungen. Die Produktion mehrerer Baustoffe – vor allem aber von kalkbasierten Baustoffen wie Beton und Zement – ist sehr emissionsintensiv und aufgrund des hohen Anteils an Prozessemissionen schwer dekarbonisierbar. Obwohl ein breiter Mix von CO₂-Minderungsmaßnahmen ergriffen wird (z. B. Absenkung des Klinkerfaktors, Umstellung auf alternative Energieträger, Materialeffizienzsteigerung im Bau), muss ein Großteil des CO₂ abgeschieden, transportiert, gespeichert oder genutzt werden, um eine klimaneutrale Herstellung von Zement, Beton und Kalk zu ermöglichen. Daher kommen auf viele Unternehmen in der Baustoffbranche in den kommenden Jahren steigende Belastungen aus europäischer CO₂-Bepreisung und erhebliche Investitionen in die klimaneutrale Umrüstung ihrer Anlagen mit Carbon-Capture-Technologie zu. Zusätzlich wird die Nutzung der Carbon-Capture-Anlagen Produktionskosten erhöhen, da die Abscheidung von CO₂ sehr energieintensiv ist und für Transport und Speicherung von CO₂ bzw. die Aufreinigung von CO₂ für die stoffliche Nutzung weitere Kosten entstehen.

Für die Transformation der Baustoffindustrie hin zur Klimaneutralität sind die im Mai 2024 beschlossenen Eckpunkte der Carbon-Management-Strategie und die Überarbeitung des CO₂-Speicherungsgesetzes ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Allerdings können neue Wettbewerbs- und sogar Abwanderungsrisiken entstehen, die in der weiteren Ausarbeitung der regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden sollten. Bislang konkurriert der Baustoffsektor aufgrund hoher Transportkosten vorwiegend regional. Diese Dynamik könnte sich mit steigender CO₂-Bepreisung und unterschiedlichen technologischen Möglichkeiten zur Dekarbonisierung allerdings in der kommenden Dekade verändern. Zwei Faktoren sind dafür entscheidend: Zunächst haben nicht alle Produzenten einen gleich guten Zugang zu zukünftiger CO₂-Infrastruktur und können daher nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten und unterschiedlichen Kosten dekarbonisieren. Zweitens zeichnen sich im internationalen Vergleich erhebliche Kostenunterschiede ab, da andere Länder unterschiedliche CCS-Strategien verfolgen. Mehrere deutsche Nachbarländer (z. B. Frankreich, Polen, Dänemark) planen eine deutlich breitere Anwendung von CCS sowie die Speicherung von CO₂ im Landesinneren zuzulassen, was Produzenten in den Nachbarländern perspektivisch einen erheblichen Kostenvorteil verschaffen würde (siehe Abbildung 54). Hingegen sehen bisherige Pläne in Deutschland ein Pipelinennetz für relativ wenige Emittenten (mit nicht bzw. schwer vermeidbaren Emissionen) und eine teurere Speicherung von CO₂ in der Nordsee oder in Speicherstätten anderer Länder vor. Speicherstätten auf dem deutschen Festland sind aktuell nur bei einer Opt-in-Entscheidung einzelner Bundesländer möglich.¹¹⁰

Zur Unterstützung des Bausektors ist kurzfristig eine Beschleunigung der strukturell notwendigen Bauaktivität und Hilfe bei der Klimatransformation notwendig:

- Deutschland sollte kurzfristig seinen strukturellen Investitionsbedarf in Infrastruktur, Wohnungsneubau und Gebäudesanierung in tatsächliche Bauaktivität übersetzen. Aktuell werden allein 400.000 neue Wohnungen pro Jahr benötigt, um den bestehenden Wohnungsmangel auszugleichen. Gleichzeitig muss sich die Sanierungsquote im Gebäudebestand fast verdoppeln, um die Klimaziele im Gebäudesektor zu erreichen. In Zeiten hoher Zinsen sind höhere Anreize erforderlich, um diese notwendige Bauaktivität zu stimulieren. In der Zwischenzeit könnte die öffentliche Hand mit der dringend benötigten Modernisierung von

¹¹⁰ BMWK (2024d).

Dekarbonisierung gefährdet die Wettbewerbsfähigkeit einiger Zementstandorte

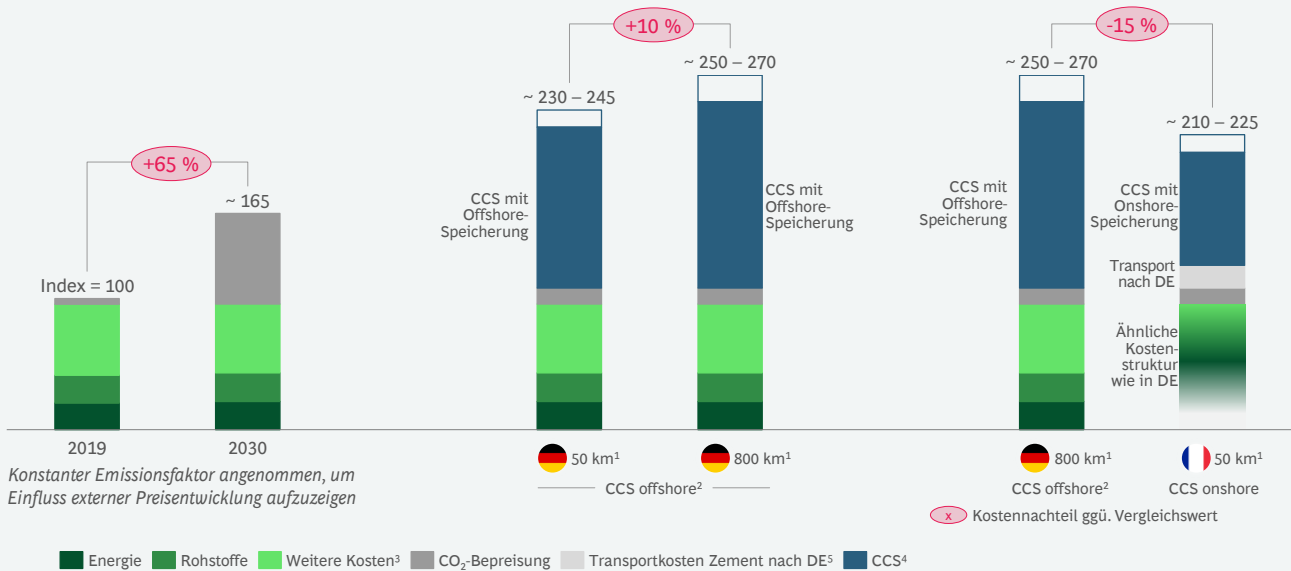
ABBILDUNG 54 | Kostenvergleich konventioneller mit dekarbonisierter Zementproduktion

Konventionelle Produktion wird durch steigende CO₂-Preise deutlich teurer

Standorte mit großer Entfernung zu CO₂-Infrastruktur mit erhöhten Dekarbonisierungskosten

Deutsche Produzenten riskieren zukünftig Kostennachteile

Zementherstellungskosten auf 2019 indiziert

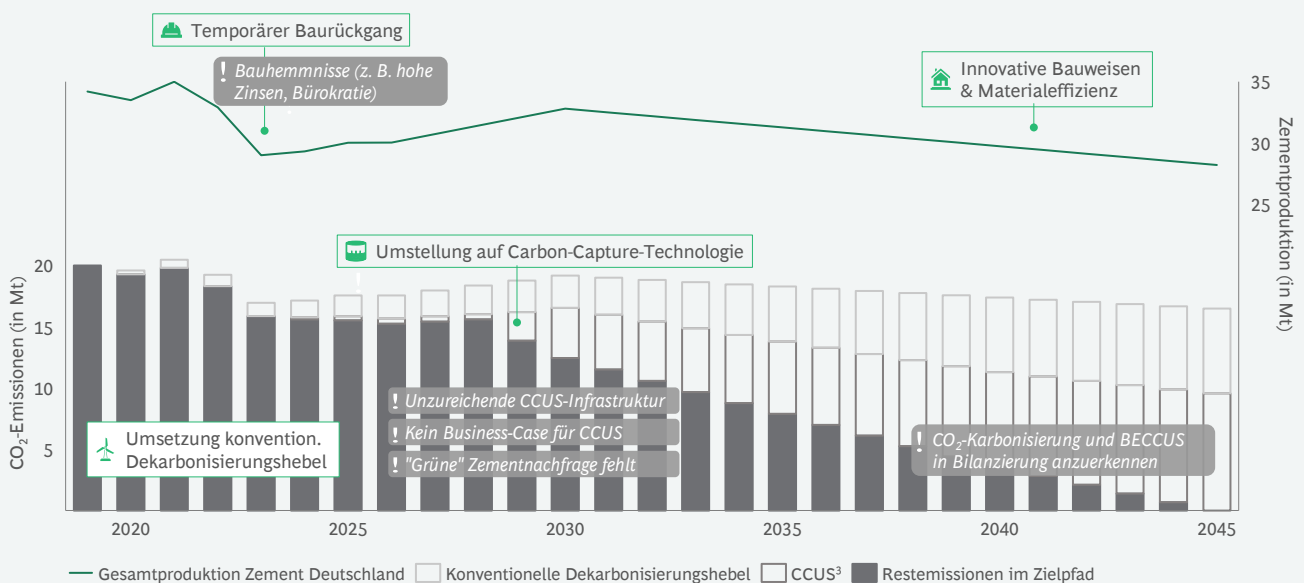


1. Entfernung zu CO₂-Speicher 2. Offshore-Transport-Distanz von 150 km angenommen 3. Inkludiert u. a. Logistik- und Personalkosten 4. Reduktion von 0,6 t CO₂/t Zement auf 0,1 t CO₂/t Zement durch CCS-Nutzung angenommen, Kostenspanne repräsentiert Pipeline vs. Zugtransport 5. Zugtransport und 400 km Distanz aus FR angenommen | Hinweis: Frankreich illustrativ, ähnliches Ergebnis für weitere Nachbarländer (z. B. Polen)
Quelle: Zero Emissions Platform (ZEP); Xodus Group; Porthos; Aramis; Northern Lights; CW-Research; Comtrade; Analyse BCG und IW

Die deutsche Zementproduktion muss auf CCUS umgerüstet werden

ABBILDUNG 55 | Transformationspfad der deutschen Zementindustrie

Zementproduktion, CO₂-Emissionen und Dekarbonisierungshebel¹ im deutschen Zementsektor (in Mt)²



1. Basierend auf Studie "Klimapfade 2.0", VDZ-Roadmap und angekündigten Zement-CCUS-Projekten in DE 2. Mt = Millionen Tonnen 3. Permanente Speicherung oder Wiederverwertung von CO₂
Hinweis: Annahme: Kein signifikanter Anstieg von Zementimporten und -exporten bis 2045; vollständige und rechtzeitige Umsetzung aller angekündigten Zement-CCUS-Projekte in DE; Dekarbonisierung durch neue Bindemittel und mögliche Negativemissionen durch BECCUS-Nutzung nicht separat aufgezeigt
Quelle: Klimapfade 2.0; VDZ; Pressemitteilungen; Analyse BCG und IW

öffentlichen Gebäuden und Straßen sowie dem Ausbau weiterer Infrastrukturen den Sektor kurzfristig stärken.¹¹¹

- Zur Unterstützung der Transformation des Sektors ist mit dem Beschluss der Eckpunkte der deutschen Carbon-Management-Strategie im Mai 2024 ein erster wichtiger Schritt gelungen, dem jetzt der rasche Aufbau einer nationalen CO₂-Infrastruktur folgen sollte (siehe Kapitel 5.1.2).¹¹² Um diesen Aufbau kosteneffizient zu gestalten und die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produzenten zu sichern, würde ein Opt-in der Bundesländer zur Onshore-Speicherung einen wichtigen Beitrag leisten (siehe Kapitel 5.1.2 und 5.2.2). Für die Errichtung der ersten CO₂-Abscheideanlagen sollte die Industrie außerdem Unterstützung für ihre Investitions- und Betriebsmehrkosten erhalten, solange der CO₂-Preis noch nicht ausreicht, um diese tatsächlich anzureizen.¹¹³

- Außerdem sollten Baunormen und baurechtliche Vorschriften angepasst werden, um vereinfachtes, günstigeres und klimafreundlicheres Bauen zu ermöglichen – z. B. zur Realisierung kostengünstigerer Bauweisen und zur schnelleren Etablierung innovativer Baustoffe im Markt – und es sollten grüne Leitmärkte geschaffen werden, um die Nachfrage nach dekarbonisierten Baustoffen zu stärken.¹¹⁴

¹¹¹ Eine weitere Vereinfachung von Genehmigungsverfahren und ein konsequenter Bürokratieabbau würden die Wirkung dieser Hebel noch einmal deutlich beschleunigen.

¹¹² Siehe außerdem: VDZ (2024b).

¹¹³ Um die aktuellen Pläne der Hersteller zu erfüllen, sind bis 2030 voraussichtlich 1,5 bis 2,5 Mrd. € Investitionen zur CCS-Umrüstung bestehender Zementanlagen sowie jährlich rund 250 Mio. € betriebliche Mehrkosten in 2030 zur Nutzung dieser neuen Technologie erforderlich. Die Förderfähigkeit der Differenzkosten bei CCS-Anlagen ist bereits in den Förderrichtlinien der Klimaschutzverträge vorgesehen, siehe BMWK (2024h).

¹¹⁴ Erste Schritte für die Definition CO₂-reduzierter Baustoffe sind bereits erfolgt, siehe BMWK (2024g).

4.3 Die deutsche Stahlindustrie steht vor einem historischen Umbau – und benötigt dafür Unterstützung

Stahl in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 7 Mrd. €

Produktion: 35 Mt

Auslandsumsatz: 37 %

Beschäftigung: 71.000 Personen

Die Stahlindustrie ist Materiallieferant sowie Innovations- und Systempartner für einige der größten deutschen Industriesektoren.¹¹⁵ Im Jahr 2023 wurden in Deutschland rund 35 Mt Stahl produziert. Davon entfielen rund 70 % auf die sogenannte Hochofenroute, bei der Primärstahl durch die kohlebasierte Reduktion von Eisenerz gewonnen wird. Die restlichen 30 % wurden als sogenannter Sekundärstahl durch das Einschmelzen von Stahlschrott in Elektrolichtbogenöfen hergestellt. Mit rund 57 % verkauft die Industrie den Großteil ihrer Produktion in Deutschland selbst – und deckt damit auch den Großteil des direkten deutschen Stahlbedarfs (45 %).¹¹⁶ Die deutsche Stahlindustrie ist ein wichtiger Zulieferer für die größten deutschen Industriesektoren (z. B. Automobilsektor, Maschinen- und Anlagenbau). Dort entwickelt sie in gemeinsamen Wertschöpfungsverbünden kundenspezifische Legierungen, Beschichtungen oder Stahlsorten.

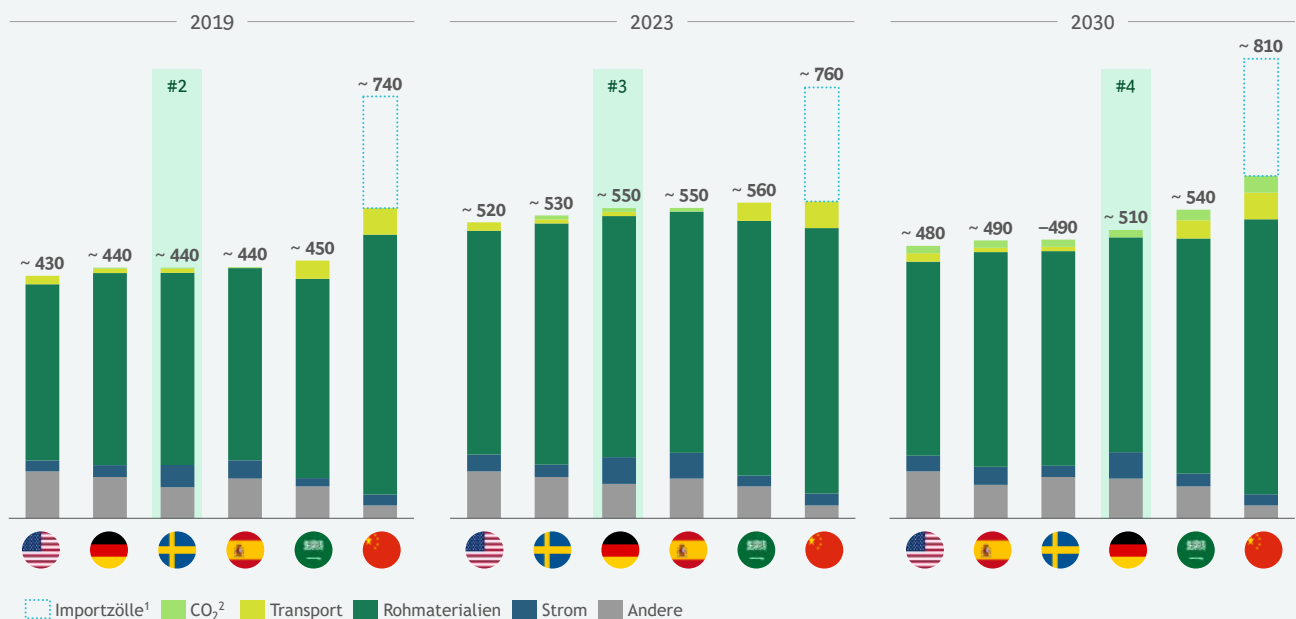
¹¹⁵ Die Stahlindustrie ist in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08-24.1.

¹¹⁶ WV Stahl (2024).

Sekundärproduktion verteuert, Strompreise zentral für Wettbewerbsfähigkeit

ABBILDUNG 56 | Produktionskosten der Sekundärstahlproduktion nach Ländern in 2019, 2023 und 2030

Warmgewalzter Stahl, Landed Costs Deutschland (in €/t real 2023)



1. 36 % Importzölle für China (Annahme: Verbleib bis 2030) 2. EU Carbon Border Adjustment Mechanism (2019: ~ 25 €/t CO₂ real 2023; 2023: ~ 84 €/t CO₂ real 2023; 2030: ~ 113 €/t CO₂ real 2023)
Hinweis: Sekundärstahlkosten abhängig von der Legierung. Diese Kostenmodellierung basiert auf E3 Demolition Scrap/Germany Ex-Works. Keine AfA CAPEX berücksichtigt; China: Höhere Rohmaterialkosten, da China Schrott importiert. EU-Länder: Einheitliche Rohmaterialkosten angenommen; Sekundärstahlproduktion auch bezeichnet als Schrott-EAF (Electric Arc Furnace)
Quelle: Analyse BCG und IW

Die Energiekrise hat vor allem stromintensive Sekundärstahlproduzenten empfindlich getroffen. Vor der Energiekrise waren in Deutschland beide Routen zur Stahlproduktion wettbewerbsfähig. Leichte Nachteile bei Faktorkosten wurden durch eine stärkere Nähe zu Abnehmern, hohe Qualität, Produktspezifizierung für Kunden und die Fähigkeit zur Just-in-Time-Produktion mehr als aufgewogen. Deutlich gestiegene Strompreise im Zuge der Energiekrise haben aber vor allem stromintensive Sekundärstahlproduzenten unter erheblichen Druck gesetzt, die gegenüber 2019 einen durchschnittlichen Kostenanstieg von rund 25 % zu verkraften hatten (siehe Abbildung 56) und auf dem Höhepunkt der Krise an mehreren Standorten ihre Produktion vorübergehend einstellen mussten. Seit 2023 liegen die Produktionskosten mit rund 550 €/t Sekundärstahl¹¹⁷ immer noch leicht über dem Kostenniveau zum Beispiel US-amerikanischer Importe. Damit die deutsche Sekundärstahlproduktion wieder eine Perspektive auf internationale Wettbewerbsfähigkeit erhält, ist die Stabilisierung bzw. Senkung des Strompreisniveaus – d. h. der langfristige Erhalt von Entlastungstatbeständen (etwa der Strompreiskompensation) und die Minimierung der Netzentgelte – erforderlich (siehe Kapitel 5.1.1).¹¹⁸

Primärstahlhersteller haben weniger unter der Energiekrise gelitten, stehen aber beim anstehenden Umbau ihrer Produktion vor einer enormen (Kosten-) Herausforderung. Die Produktion von Primärstahl in kohlebasierten Hochöfen ist sehr emissionsintensiv. Zur Erreichung der deutschen (und ihrer eigenen) Klimaziele müssen Unternehmen in den kommenden Jahren erhebliche Investitionen in den Umbau ihres Anlagenbestands und den Bezug klimaneutraler Energieträger (vor allem Wasserstoff) tätigen. Nach aktuellen Plänen der Betreiber sollen bis 2030 Hochöfen mit einer Produktionskapazität von mindestens 10 Mt Primärstahl pro Jahr durch Direktreduktionsanlagen ausgetauscht werden, die zukünftig mit einer Mischung aus Erdgas und Wasserstoff betrieben werden. Dieser Umbau leistet einen erheblichen Beitrag zur deutschen Klimatransformation. Stahl könnte im Jahr 2030 für bis zu ein Drittel der deutschen Wasserstoffnachfrage verantwortlich sein und ist damit zentral für den Aufbau einer deutschen Wasserstoffwirtschaft. Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen kann die deutsche Stahlindustrie bis Ende der Dekade rund 17 Mt jährlichen CO₂-Ausstoß einsparen – fast ein Viertel zur

Erreichung des Klimaziels der Industrie. Außerdem können durch die Dekarbonisierung der Stahlproduktion Vorkettenemissionen (Scope 3) von Abnehmerbranchen zu vergleichsweise geringen Kostensteigerungen für Endprodukte gesenkt werden. Gleichzeitig ist diese Transformation für die betroffenen Unternehmen eine erhebliche ökonomische Herausforderung. Der Umbau der Anlagen allein erfordert bis 2030 Investitionen von etwa 10 Mrd. Euro. Darüber hinaus müssen Unternehmen höhere Kosten tragen, wenn sie zur Reduktion zukünftig Erdgas oder Wasserstoff anstelle von Kohle einsetzen. In der zukünftigen DRI-Produktion steigen die Kosten deutscher Hersteller für erdgasbasierten Stahl um rund 5 % (auf rund 540 €/t) und für wasserstoffbasierten Stahl um rund 55 % (auf rund 810 €/t) gegenüber der heutigen kohlebasierten Hochofenproduktion.¹¹⁹ Aber auch Hersteller in anderen Ländern, in denen Erdgas und Wasserstoff zu geringeren Kosten zur Verfügung stehen, sind Kostensteigerungen ausgesetzt. Im Ergebnis droht Primärherstellern durch den Wechsel zu emissionsarmem Stahl in 2030 ein Kostennachteil. So liegen die prognostizierten Produktionskosten deutscher Primärstahlhersteller zukünftig zwischen 5 % (bei Einsatz von Erdgas) und 25 % (bei Einsatz von Wasserstoff) über den Kosten globaler Wettbewerber (siehe Abbildung 57) – im Vergleich mit fossilem Stahl sogar noch mehr.

Die Politik sollte der Industrie eine Brücke bauen, um zukünftig auch in neuen Produktionstechnologien wettbewerbsfähig werden zu können und gleichzeitig den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland voranzutreiben. Mit der Dekarbonisierung der Stahlproduktion werden die Karten in der Industrie neu gemischt. Historische Standort- und Wettbewerbsvorteile verlieren an Relevanz. Die deutschen Stahlhersteller sollten eine Chance bekommen, sich an die Spitze dieser Veränderung zu stellen und den besten Weg zu finden, auch in neuen Produktionstechnologien einen Qualitätsvorsprung aufzubauen. Das bietet ihnen die beste Startposition, um sich in Märkten für CO₂-reduzierte Produkte zu positionieren (mit perspektivisch erhöhter Zahlungsbereitschaft) und mittelfristig den besten Weg zu finden, auch mit ihrer übrigen Produktion im neuen Stahlmarkt wettbewerbsfähig zu werden – sei es über Importe von günstigem Wasserstoff oder von günstigem, klimafreundlich erzeugtem Eisenschwamm oder anderen Dekarbonisierungsoptionen.

¹¹⁷ Sekundärstahlkosten sind abhängig von der Legierung. Diese Kostenmodellierung basiert auf E3 Demolition Scrap/Germany Ex-Works, siehe Kallanish Commodities (2024).

¹¹⁸ Das setzt voraus, dass sich die Situation am Gasmarkt tatsächlich wie vorhergesagt entspannt, die Beschleunigung sowie die Synchronisation des Ausbaus von Erneuerbaren, Netzen, Speichern und gesicherter Leistung erfolgt und Ausnahmeregelungen (z. B. die Strompreiskompensation inkl. Supercap, reduzierte Netzentgelte, Stromsteuerabsenkung) auch in und nach 2030 weiter gelten. Bei bestehenden Entlastungen gibt es jedoch aktuell Unsicherheiten zum Fortbestand, während gleichzeitig steigende Stromnetzkosten erwartet werden. Insbesondere ein Wegfall der Netzentgeltrabattierung nach § 19 StromNEV würde deutliche Mehrkosten bedeuten (siehe Kapitel 5.1.1).

¹¹⁹ Die Kostenmodellierungen basieren auf archetypischen Verbrauchergruppen für Energiepreise (für Strom und Erdgas) und gehen von beispielhaften BF-BOF-/DRI-EAF-Anlagen aus. Energieverbünde (z. B. in Deutschland in integrierten Hüttenwerken) werden aufgrund der Komplexität durch internationale und nationale Unterschiede nicht berücksichtigt.

Dafür benötigt die Industrie an mehreren Fronten Unterstützung:

- **Hersteller benötigen kurzfristig Hilfe bei der Transformation.** Um den Umstieg auf Direktreduktionsanlagen in dieser Dekade zu ermöglichen, sollte die öffentliche Hand kurzfristig mit Anschubfinanzierung unterstützen, wie sie bereits durch Investitionsförderungen und geeignet ausgestattete Klimaschutzverträge vorgesehen ist.¹²⁰ Darüber hinaus sollte die Nachfrage nach CO₂-reduziertem Stahl durch die zeitnahe Einführung grüner Leitmärkte und die Etablierung grüner Absatzmärkte gefördert und abgesichert werden.¹²¹ Um den Zugang zu CO₂-armem Wasserstoff sicherzustellen, sollte außerdem der Ausbau eines ausreichend ausgelegten Wasserstoff-Kernnetzes und ausreichender Elektrolysekapazitäten angereizt werden.

- **Die Stahlindustrie benötigt einen effektiven Außenschutz in der Phase der Transformation.** Die mittelfristig verbleibende fossile Produktion wird durch steigende effektive CO₂-Preisbelastung aus dem EU-ETS gegenüber ausländischen Produzenten an Wettbewerbsfähigkeit verlieren. Um diesen Nachteil insbesondere in außereuropäischen Märkten auszugleichen, ist eine Weiterentwicklung der außenwirtschaftlichen Absicherung durch einen effektiven CO₂-Grenzausgleich erforderlich (siehe Kapitel 5.2.4). Zudem führen globale Überkapazitäten bzw. Überproduktion teils zu internationalen Wettbewerbsverzerrungen. Das erfordert weiteren handelspolitischen Schutz, u. a. eine WTO-konforme Nachfolgeregelung für die in 2026 auslaufenden EU-Safeguards (siehe Kapitel 5.2.4).¹²²

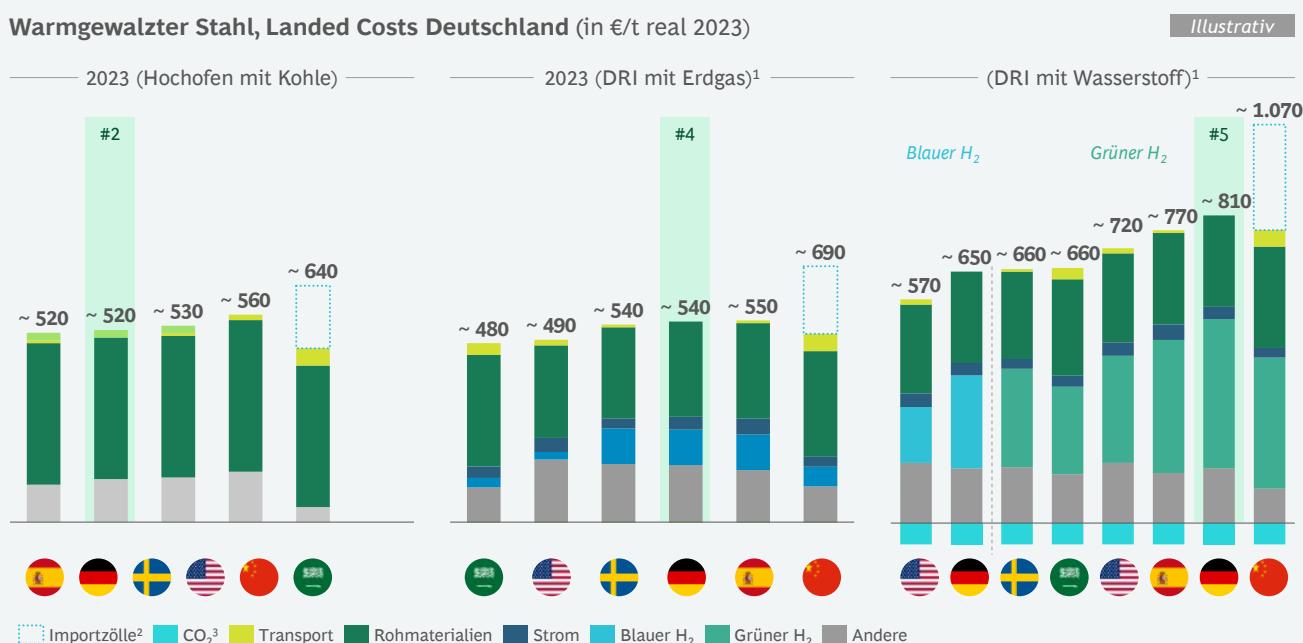
¹²⁰ 10 Mrd. € kumulierte Mehrinvestitionen für den Aufbau der DRI-Anlagen und rund 6 Mrd. € kumulierte Mehrkosten für die Produktion von emissionsarmem Stahl (50 : 50 erdgas- und wasserstoffbasiert) bis 2030 (davon 1,5 Mrd. € Mehrkosten in 2030). Die öffentliche Hand hat bis Juni 2024 7 Mrd. € Förderunterstützung für die vier großen Stahlunternehmen thyssenkrupp, Salzgitter, Stahl-Holding-Saar und ArcelorMittal zugesagt, siehe Handelsblatt (2024).

¹²¹ Die im April 2024 von der WV Stahl (2024) veröffentlichte LESS-Kennzeichnung für CO₂-reduzierten Stahl schafft eine wichtige Grundlage, siehe BMWK (2024g).

¹²² Derzeit betragen die Antidumpingzölle der EU auf warmgewalzte Flachstahlprodukte aus China bis über 30 %. Bis 2026 greifen zudem die sogenannten EU-Safeguards, nach denen bei der Überschreitung definierter Importkontingente ein Einfuhrzoll von 25 % verhängt werden kann.

Primärroute droht durch den Wechsel zu DRI EAF künftig ein Kostennachteil

ABBILDUNG 57 | Produktionskosten verschiedener Technologien zur Primärstahlerzeugung nach Ländern



1. DRI: Direct-Reduced Iron (Elektroofen-Route) 2. 36 % Importzölle für China (Annahme: Verbleib bis 2030) 3. CO₂-Kosten inkl. EU Carbon Border Adjustment Mechanism (2030: ~ 113 €/t CO₂ real 2023); Heat benchmark angenommen für freie Allokationen von DRI-EAF; CBAM korrigiert CO₂-Kosten zu 100 % für Nicht-EU-Länder | Hinweis: Modellierungen basieren auf archetypischen Verbrauchergruppen für Energiepreise (Strom, Erdgas) und gehen von beispielhaften BF-BOF-/DRI-EAF-Anlagen aus. Energieverbünde (z. B. in DE in integrierten Hüttenwerken) aufgrund der Komplexität durch internationale und nationale Unterschiede nicht berücksichtigt. 70 €/t AfA CAPEX in anderen Kosten für alle Länder inkludiert; DE: Blauer H₂ aus Norwegen importiert – frühestens ab 2027 denkbar. USA: Grüner (1,5 \$/t über 20 Jahre) und blauer H₂ durch IRA gefördert
Quelle: Analyse BCG und IW

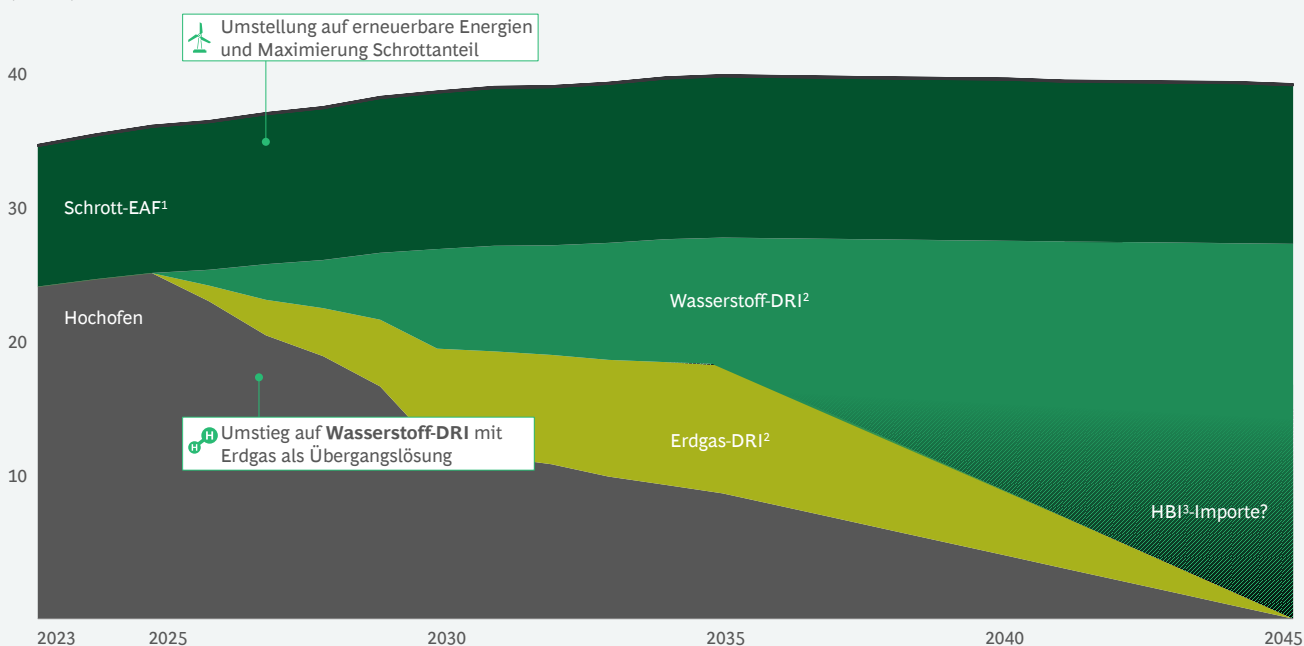
- Sekundär- sowie zukünftig auch Primärstahlproduzenten benötigen weiter kostengünstigen Strom. Mit dem Ende der akuten Energiekrise haben zuletzt mehrere Hersteller damit begonnen, ihre zwischenzeitlich pausierte Produktion wieder anzufahren. Wesentliche Voraussetzung für weiter sinkende Strompreise ist vor allem der zügige Ausbau erneuerbarer Energien. Darüber hinaus sind der Erhalt bestehender Ausnahmeregelungen wie der Strompreiskompensation sowie die übergreifende Minimierung von Netzentgelten erforderlich (siehe Kapitel 5.1.1). Zudem wird eine ausreichende Schrottverfügbarkeit durch die Stärkung der Kreislaufwirtschaft benötigt (siehe Kapitel 5.2.3).

Die deutsche Stahlproduktion steht vor einer fundamentalen Transformation

ABBILDUNG 58 | Transformationspfad der deutschen Stahlindustrie bis 2045

Rohstahlproduktion nach Produktionsroute

(in Mt)



1. EAF: Electric Arc Furnace - Schrott-Hochofenroute; 2. DRI: Direct-Reduced Iron – Eisenschwamm; 3. Hot Briquetted Iron – Eisenschwamm
Hinweis: Erdgas- und Wasserstoff-DRI-Hochlauf bis 2028 basierend auf angekündigten Projekten, 2028+ basierend auf Dekarbonisierungszielen
Quelle: BCG-Stahlmodell; Analyse BCG und IW

4.4 Die Aluminiumindustrie hat stark unter der Energiekrise gelitten – hat aber Perspektive auf Wettbewerbsfähigkeit

Aluminium in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 2 Mrd. €

Produktion: 3 Mt

Auslandsumsatz: 49 %

Beschäftigung: 27.000 Personen

Die deutsche Aluminiumindustrie ist ein wichtiger Zulieferer für den Automobilsektor und andere weiterverarbeitende Sektoren.¹²³ Die Industrie erwirtschaftet eine Bruttowertschöpfung von etwa 2,4 Mrd. Euro im Jahr. Vor der Energiekrise betrug die Produktion von Primär- oder Hüttenaluminium rund 8 % des gesamten Produktionsvolumens.¹²⁴ Mehr als die Hälfte der Produktion entfiel auf die Herstellung von Sekundäraluminium durch das Einschmelzen von Aluminiumschrotten (52 %, davon 11 Prozentpunkte auf Refiner). Der Rest wurde mit der Weiterverarbeitung von sogenannten Halbzeugen erwirtschaftet, d. h. dem Wälzen oder Strangpressen von Aluminiumblechen, -rohren und -bändern (40 %). Wichtigster Abnehmer der Industrie ist die deutsche Automobilbranche (44 %), gefolgt vom Bausektor (15 %) und der Verpackungsindustrie (12 %). Wesentliche Stärken deutscher Hersteller liegen vor allem in der hohen Präzision, der Legierungsvielfalt und Oberflächenbehandlungen (z. B. Eloxieren oder Beschichten) von Aluminiumblechen, die häufig stark auf spezifische Anforderungen der jeweiligen Abnehmer zugeschnitten sind.

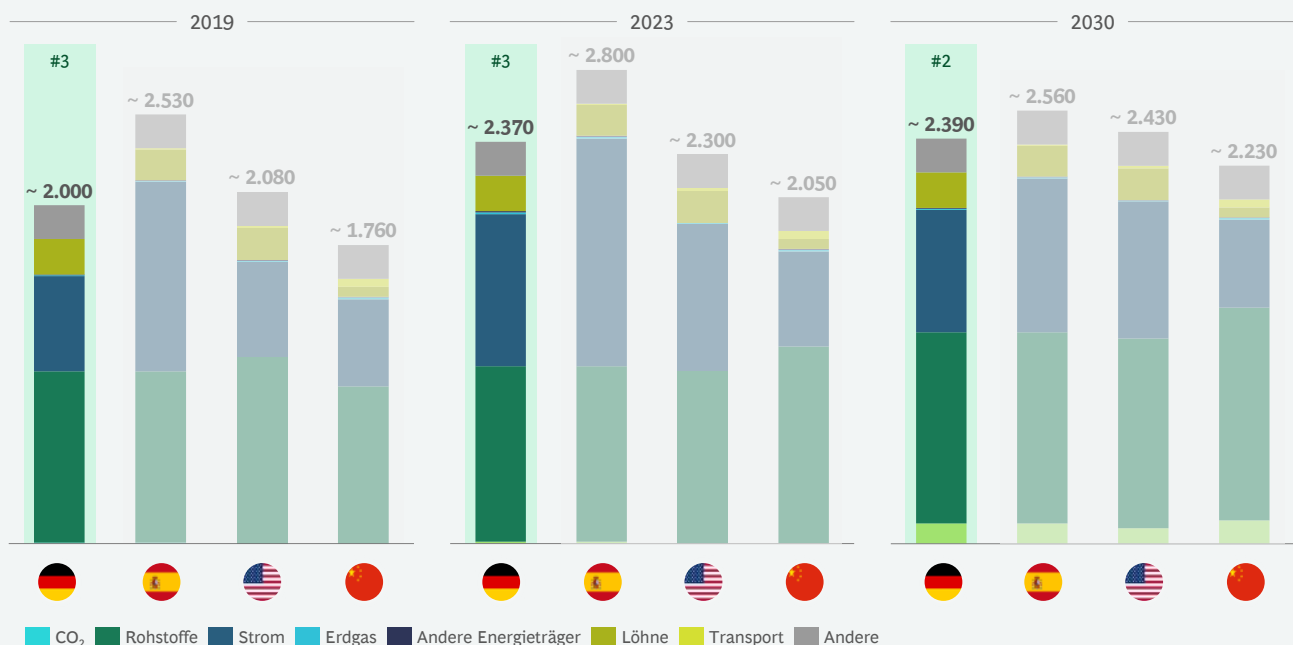
¹²³ Die Aluminiumindustrie ist in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08-24.42.

¹²⁴ 2019: Produktionsvolumen von 6,4 Mt inkl. Hüttenaluminium (0,5 Mt), Recyclingaluminium (0,7 Mt Refiner; 2,6 Mt Remelter) und Aluminiumhalbzeug (2,6 Mt); WV Metalle (2020).

Primäraluminium hat sich erheblich verteuert, wird aber wieder wettbewerbsfähig

ABBILDUNG 59 | Produktionskosten von Primäraluminium nach Ländern in 2019, 2023 und 2030

Landed Costs in Deutschland (in €/t real 2023)



Hinweis: Fortbestand aktueller Ausnahmeregelungen für Strompreise für 2030 angenommen; Kosten für Anodenproduktion, Schmelzflusselektrolyse und Ingott-Gießereien; CO₂-Kosten 2030 für USA und China ergeben sich aus CBAM-Importkosten
Quelle: COMEX (2023); CRU (2022); IAI (2023); Morgan Stanley (2023); National Bureau of Statistics of China (2023); OECD (2023); Reuters Eikon (2023); S&P Global (2023); U.S. Bureau of Labor Statistics (2023); U.S. Department of Energy (2007); Analyse BCG und IW

Die Energiekrise hat vor allem die stromintensive Primäraluminiumproduktion hart getroffen und einen dramatischen Produktionseinbruch von rund 80 % in der EU (rund 60 % in Deutschland) verursacht.¹²⁵

Damit ist Primäraluminium der am meisten betroffene Subsektor der deutschen Industrie – wenn auch absolut betrachtet ein kleinerer Sektor. Die Energiekrise hat in Deutschland (wie auch international) zu erheblich höheren Strompreisen geführt und Deutschland zeitweise zu einem der teuersten Standorte für Aluminiumproduktion auf der ganzen Welt gemacht. Selbst im Jahr 2023, also zwei Jahre nach dem Höhepunkt der Krise, lagen die durchschnittlichen Produktionskosten deutscher Hersteller noch um knapp ein Fünftel höher als 2019 – und damit deutlich über den Anlandungskosten chinesischer oder amerikanischer Wettbewerber (siehe Abbildung 59). Das ist an der Industrie nicht spurlos vorübergegangen, sondern europaweit wurden zahlreiche Werke geschlossen oder gedrosselt und seitdem nur teilweise wieder hochgefahren. Ähnliche Entwicklungen sind jedoch auch in anderen Ländern zu beobachten. So führte der globale Primäraluminiumkostenanstieg auch in den USA zu einem Produktionsrückgang von rund 30 %. China

konnte als günstigstes Produktionsland trotz steigender Kosten aufgrund der Energiekrise seine Produktionsvolumina um über 10 % steigern. Mittelfristig ist bei weiterer Stabilisierung der Strompreise eine Rückkehr zur Wettbewerbsfähigkeit allerdings wieder in Sicht. Der langfristig nötige Umbau auf klimaneutrale Produktionstechnologien (vor allem durch den Austausch von Kohlenstoffanoden durch inerte Anoden) birgt aber weitere wirtschaftliche Unsicherheiten.

Die Sekundäraluminiumproduktion bleibt in Deutschland trotz höherer Kosten wettbewerbsfähig, ist allerdings auf ausreichende Schrottvolumina angewiesen.

Auch die Produktion von Sekundäraluminium hat sich im Zuge der Energiekrise deutlich verteuert. Die Produktionskosten lagen noch im vergangenen Jahr rund 35 % über dem Vorkrisenniveau. Trotzdem liegen Kosten damit weiter unter dem Preisniveau ausländischer Importe – und werden damit absehbar wettbewerbsfähig bleiben. Das setzt allerdings voraus, dass auch in Zukunft ausreichende Schrottmengen für die Industrie verfügbar sind und die absehbar höhere Nachfrage nach Sekundäraluminium keine zu starken Schrottpreisanstiege zur Folge hat (siehe Abbildung 60).¹²⁶

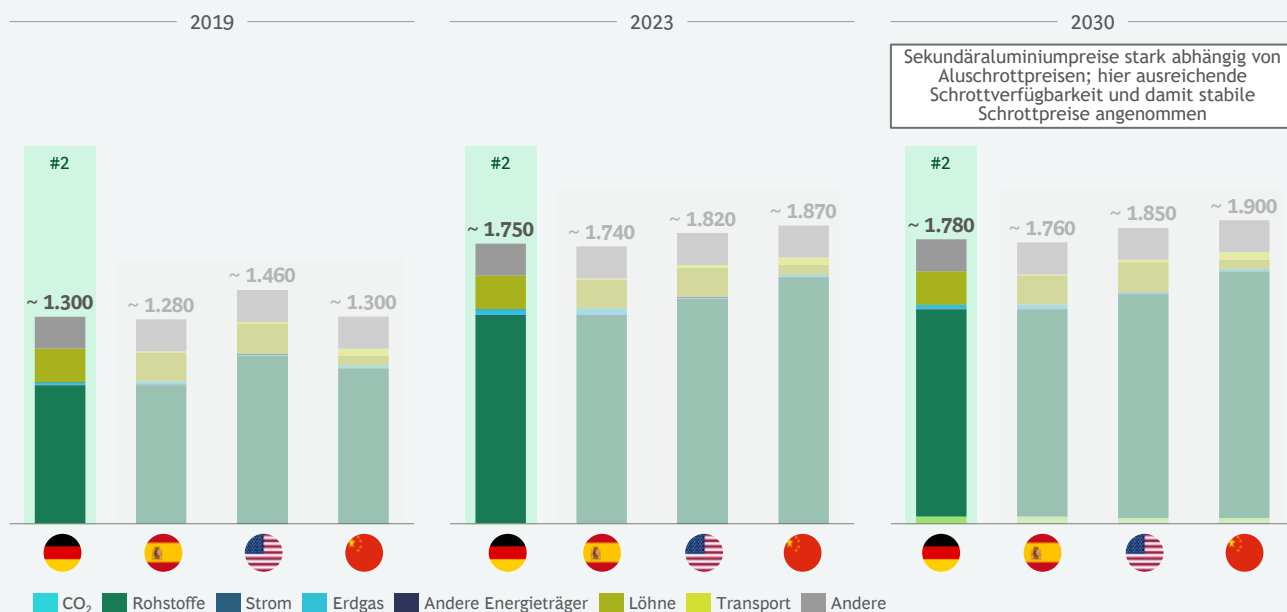
¹²⁵ 2019: 508 kt Primäraluminiumproduktion in DE, 2023: 189 kt.

¹²⁶ Durch steigende Preise für Primäraluminium und eine wachsende Anzahl an Unternehmen mit Scope-3-Emissions-Zielen wird perspektivisch eine höhere Nachfrage nach Sekundäraluminium erwartet. Ein vollständiger Umstieg auf Sekundäraluminium wird jedoch auf absehbare Zeit nicht möglich sein, weil einerseits Schrottverfügbarkeiten dafür nicht ausreichen und zum anderen in manchen Segmenten wie der Luft- und Raumfahrt oder bei medizinischen Geräten sehr hohe Reinheits- oder Legierungsanforderungen existieren.

Auch Sekundäraluminium bleibt bei stabilen Schrottpreisen wettbewerbsfähig

ABBILDUNG 60 | Produktionskosten von Sekundäraluminium nach Ländern in 2019, 2023 und 2030

Landed Costs in Deutschland (in €/t real 2023)

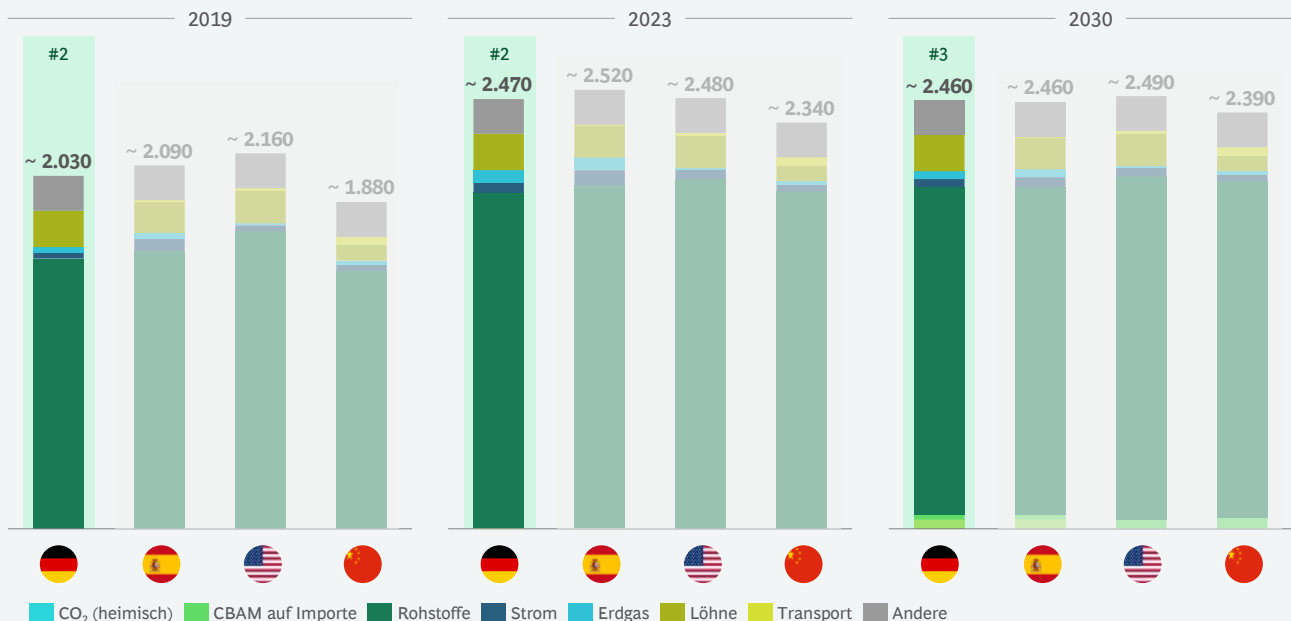


Hinweis: ISRI-Spezifikation "Taint Tabor" (geringere Schrottqualität) angenommen mit historischen Werten für 2019 und 2023. Schrottpreise bei höherer Qualität (z. B. Tense) teurer; für Prognose 2030 konstant bleibender Schrottpreisunterschied ggü. den USA und China, ausreichende Schrottverfügbarkeit und stabile Schrottpreise angenommen; Kosten für Sekundärschmelze aus 100 % recyceltem Aluminium inklusive Ingot-Gießerei; CO₂-Kosten 2030 für USA und China ergeben sich aus CBAM-Importkosten
Quelle: COMEX (2023); CRU (2022); IAI (2023); Morgan Stanley (2023); National Bureau of Statistics of China (2023); OECD (2023); Reuters Eikon (2023); S&P Global (2023); U.S. Bureau of Labor Statistics (2023); U.S. Department of Energy (2007); Analyse BCG und IW

Deutsche Walzprodukte bleiben absehbar teurer als Importe aus China

ABBILDUNG 61 | Produktionskosten für Aluminiumwalzprodukte nach Ländern in 2019, 2023 und 2030

Landed Costs in Deutschland (in €/t real 2023)



Hinweis: Kosten für Warm- und Kaltwalzen der Aluminium-Ingots; heimische CO₂-Kosten für Rohstoffe und Direktmissionen; 2019/2023: 40 % Primäralu-, 60 % Sekundäraluanteil in Rohaluminium angenommen, 2030: 30 %/70 % angenommen; USA und China für Rohaluminiumimporte; 77 % Importanteil DE 2030, 75 % Importanteil Spanien 2030 angenommen; Strompreise mit Strompreiskompensation
 Quelle: COMEX (2023); CRU (2022); IAI (2023); Morgan Stanley (2023); National Bureau of Statistics of China (2023); OECD (2023); Reuters Eikon (2023); S&P Global (2023); U.S. Bureau of Labor Statistics (2023); U.S. Department of Energy (2007); Analyse BCG und IW

Die weiterverarbeitende Halbzeugproduktion, der produktionsstärkste Bereich der deutschen Aluminiumindustrie, wurde in den letzten Jahren vor allem mittelbar durch teureres Rohaluminium getroffen.¹²⁷ Die durchschnittlichen Produktionskosten für Halbzeuge lagen in Deutschland im Jahr 2023 um etwa 22 % über Vorkrisenniveau. Trotz höherer Produktionskosten bleibt Deutschland wettbewerbsfähig gegenüber Spanien und den USA – jedoch im moderaten Kostennachteil gegenüber China. Bis zum Ende dieser Dekade ist der Fortbestand dieser Situation wahrscheinlich. Um gegenüber China und günstigen Importen zu bestehen, ist eine Verbesserung der Standortbedingungen unabdingbar, um günstiges Rohaluminium zur Herstellung von Halbzeug sicherzustellen. Zudem ist auch für die Walzprodukte ein ausreichender Zugang zu Aluminiumschrotten und damit Sekundäraluminium unverzichtbar. Weitere Kostennachteile auf dem Weltmarkt gilt es durch Qualitätsvorsprung und fortlaufende Innovation in den Wertschöpfungsverbünden deutscher Hersteller auszugleichen.

Um Aluminium wieder wettbewerbsfähiger zu machen, sind vor allem folgende Hebel wesentlich:

- Für energieintensive Primäraluminiumproduzenten ist eine Rückkehr zu wettbewerbsfähigen Strompreisen zentral: Das erfordert eine (kosteneffiziente) Beschleunigung des Erneuerbaren-Ausbaus sowie eine planbare Fortführung, Vereinfachung und Ausweitung bestehender Regelungen zur Strompreisentlastung – auch über das Ende dieser Dekade hinaus (siehe Kapitel 5.1.1. und 5.2.1).
- Für Sekundäraluminiumproduzenten stellt die Schrottverfügbarkeit die Kernherausforderung dar: Daher sollte die Kreislaufwirtschaft gestärkt werden, um Unternehmen bestmöglichen Zugriff auf Aluminiumschrotte zu ermöglichen – zum Beispiel durch eine Verbesserung der Recyclingfähigkeit von Produkten, die Einführung von Recyclingquoten und Rücknahmeverpflichtungen sowie die Weiterentwicklung von Schrottsortierung und -aufbereitung (siehe Kapitel 5.2.3).

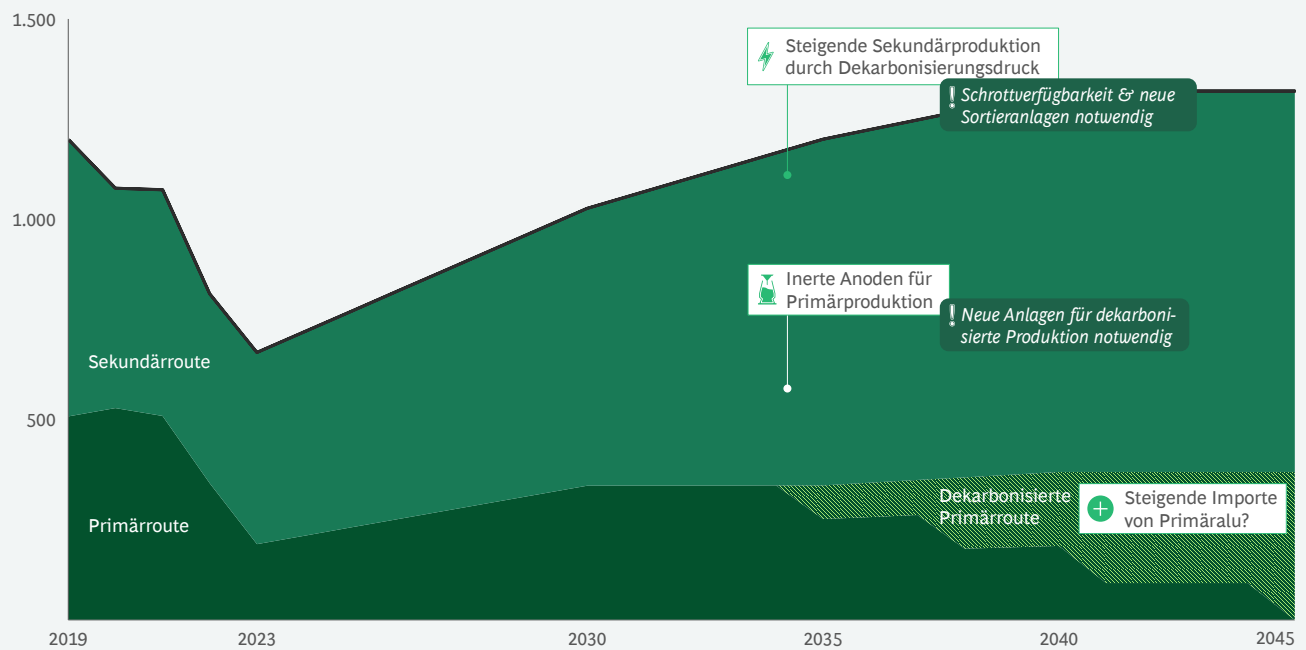
¹²⁷ Rohaluminium umfasst hier auch Recyclingaluminium aus dem Remelter, das v. a. in der Halbzeugproduktion eingesetzt wird.

Die deutsche Aluminiumproduktion könnte sich in den kommenden Jahren erholen

ABBILDUNG 62 | Transformationspfad der deutschen Aluminiumindustrie bis 2045

Rohaluminiumproduktion nach Produktionsroute

(in 1.000 t)



Hinweis: Für 2030 Annahme von 100 % des Produktionsvolumens 2019 für Sekundäraluminium sowie von zwei Dritteln des Volumens 2019 für Primäraluminium
Quelle: Analyse BCG und IW

4.5 Die Transformation der Automobilindustrie sollte angesichts zahlreicher Sektorverflechtungen industriepolitische Priorität sein

Automobil in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 125 Mrd. €

Produktion (Inland): 4,1 Mio. Pkw

Auslandsumsatz: 69 %

Beschäftigung: 796.000 Personen

Die Automobilindustrie¹²⁸ ist der mit Abstand größte deutsche Industriesektor und eine tragende Säule der deutschen Volkswirtschaft. Der Sektor ist direkt für knapp ein Fünftel der deutschen Industriewertschöpfung und rund 5 % des gesamten deutschen Bruttoinlandsprodukts verantwortlich. Neben mehreren global führenden Fahrzeugherstellern mit rund 15 % Weltmarktanteil bei den Pkw (etwa 5 % Weltmarktanteil bei in Deutschland gefertigten Fahrzeugen)¹²⁹ bilden zahlreiche große und mittelständische Zulieferer das Rückgrat des Sektors, der sich in mehreren Technologien über Jahrzehnte eine globale Technologieführerschaft erarbeitet hat – von Verbrennungsmotoren bis zu Fahrerassistenzsystemen. Auch vorgelagerte Industrien profitieren erheblich von der Stärke des Sektors, der mit rund 136 Mrd. Euro jährlich die höchste indirekte industrielle Wertschöpfung in Deutschland auslöst – was noch einmal fast der kompletten eigenen Bruttowertschöpfung entspricht (rund 153 Mrd. Euro). Erhalt und Stärkung dieses Sektors sollten daher eine industriepolitische Priorität sein, deren Effekte weit über den Automobilsektor hinausgehen.

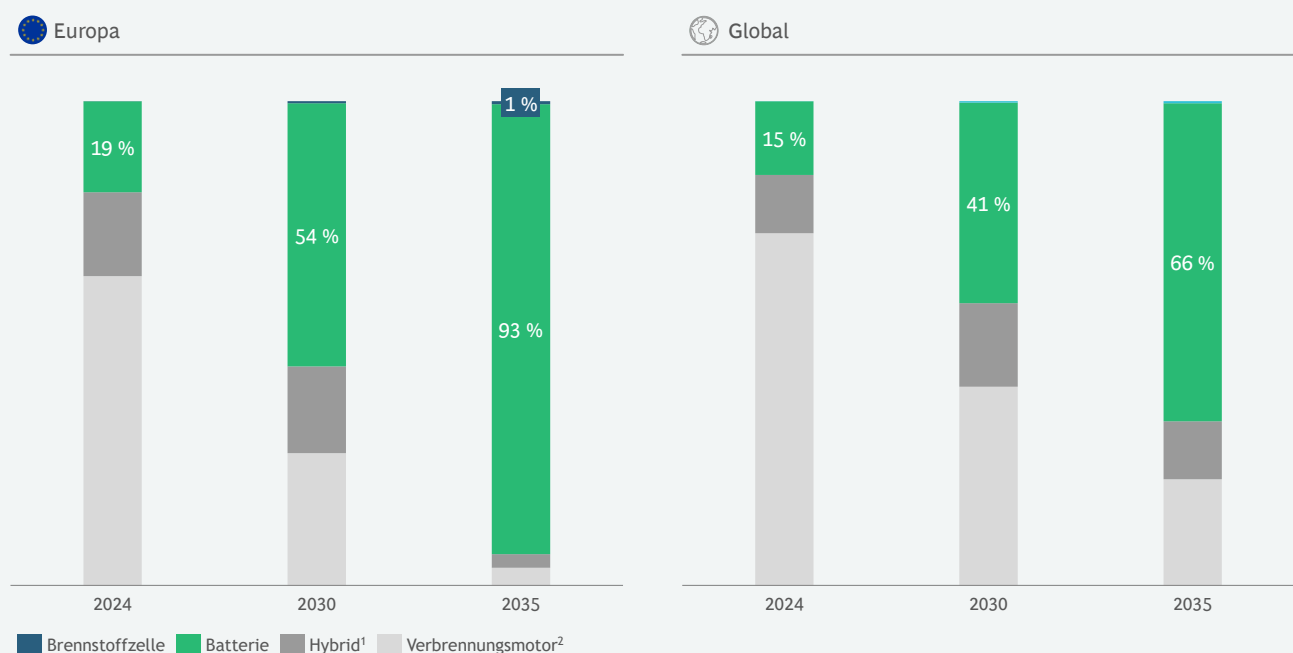
¹²⁸ Die Automobilindustrie ist in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08-29.

¹²⁹ Gemessen an der Anzahl produzierter Fahrzeuge, siehe: S&P (2024).

Der Weltmarkt für Pkw ist bereits in 10 Jahren vorwiegend elektrisch

ABBILDUNG 63 | Erwartete Pkw-Neuverkäufe in Europa und global in 2024, 2030 und 2035 nach Antrieb

Erwartete Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsstrang in 2024, 2030 und 2035 (in %)



1. Hybrid inkludiert Plug-in-Hybride und Vollhybride 2. Verbrennungsmotor inkludiert Diesel, Benzin und MHEV (Mild Hybrid)
Hinweis: Alle leichten Fahrzeuge (Pkw und Vans); mittelschwere Lieferwagen exkludiert
Quelle: BCG-Powertrain-Model; Analyse BCG und IW

Die Elektrifizierung des Verkehrs fordert die bisherige Technologieführerschaft der Industrie fundamental heraus. Der globale Automobilsektor steht am Beginn einer historischen Technologietransformation, an dessen Ende das bisherige Aushängeschild der deutschen Industrie – der Verbrennungsmotor – erheblich an Relevanz verloren haben könnte. Nach aktuellen Prognosen industrieller Think-Tanks werden bereits in weniger als 10 Jahren weltweit mehr Elektrofahrzeuge als Verbrenner verkauft (heute: rund 15 %) – mit regional großen Unterschieden in der Geschwindigkeit des Hochlaufs.¹³⁰ Bis 2035 wäre der Weltmarkt für Verbrenner demnach auf weniger als die Hälfte geschrumpft und in Europa nicht oder kaum mehr existent. Um das deutsche Ziel von 15 Millionen E-Pkw bis 2030 wenigstens näherungsweise zu erreichen, dürften hierzulande sogar bereits Ende der Dekade fast nur noch Elektrofahrzeuge verkauft werden. Auch bei Verkäufen von mittleren und schweren Nutzfahrzeugen sollte der Anteil alternativer Antriebe bereits im Jahr 2030 bei über 70 % liegen, um die deutschen Klimaziele zu erreichen. Damit ist die Antriebswende einer der attraktivsten Zukunftsmärkte weltweit – auch wenn es sich hier v. a. um eine Substitution der bisherigen

Technologie handelt (siehe Kapitel 3.2.1). Gleichzeitig droht ein über Jahrzehnte aufgebauter deutscher Technologievorsprung bei Verbrennungsmotoren an Bedeutung zu verlieren. Die deutsche Industrie muss sich in elektrischen Antrieben neu behaupten.

Deutschlands Startposition in Elektromobilität ist besser als oft behauptet, aber vor allem chinesische Hersteller ziehen voran. Aktuell ist Deutschland hinter China und vor den USA der zweitgrößte globale Produktionsstandort für E-Pkw¹³¹ und konnte seinen Marktanteil in einem insgesamt wachsenden Markt in den vergangenen Jahren sogar leicht steigern (2022: 7 %, 2023: 9 %¹³²). Im Vergleich zu anderen europäischen und asiatischen Konkurrenten sowie etablierten US-amerikanischen Herstellern stehen deutsche Unternehmen daher grundsätzlich gut da. Vor allem in China wächst aber aktuell eine Generation neuer Wettbewerber heran, die dabei ist, in elektrischer Mobilität die Führung zu übernehmen. Chinesische Hersteller profitieren hier von einem besseren Zugang zu wichtigen Rohstoffen, vor allem aber vom derzeit mit Abstand größten heimischen E-Auto-Markt der Welt, der durch öffentliche Anreize sehr viel konsequenter

¹³⁰ IEA (2024).

¹³¹ Global Data (2024).

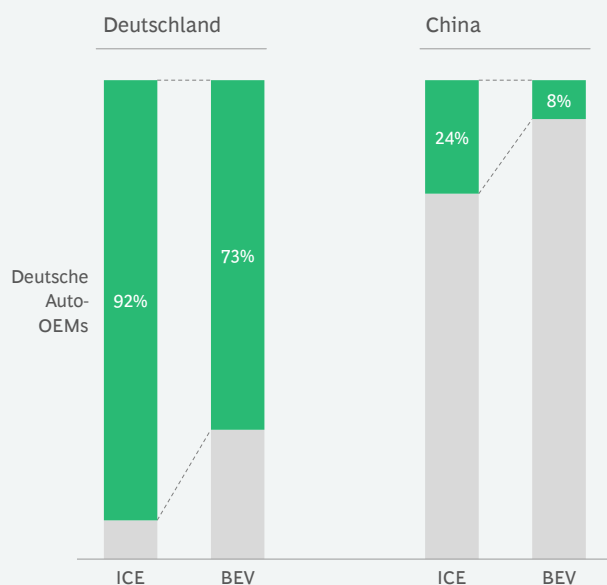
¹³² S&P (2024).

Deutsche Hersteller müssen in E-Mobilität einen Startnachteil aufholen

ABBILDUNG 64 | Produktionsanteil deutscher Autohersteller; Produktionskapazitäten entlang Batterie-WSK¹

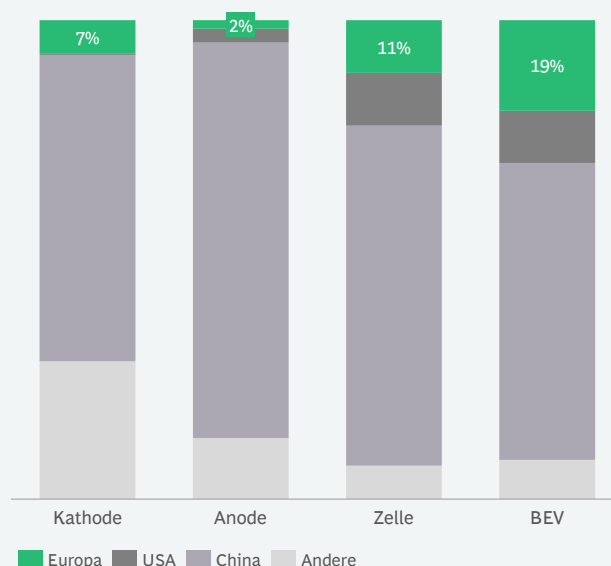
Niedrigerer Anteil deutscher OEMs an E-Auto-Produktion

Gesamtproduktion in Deutschland und China 2024 (in %)



China dominiert die globale Batteriewertschöpfungskette

Produktionskapazitäten entlang Batterie-WSK in 2023 (in %)



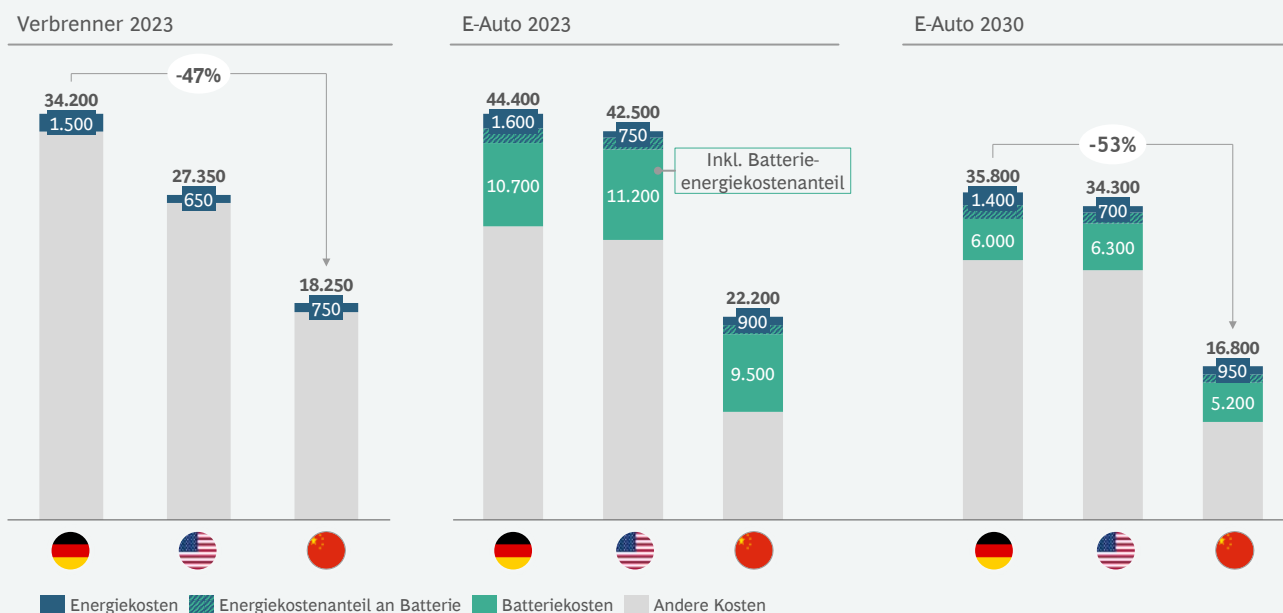
1. Wertschöpfungskette

Quelle: S&P Global Mobility LV Powertrain FC 5/2024; J.P. Morgan; Bank of Montreal; Analyse BCG und IW

Deutschland bei E-Autos mit Kostennachteil, insbesondere gegenüber China

ABBILDUNG 65 | Pkw-Preisvergleich zwischen Deutschland, USA und China in 2023 und 2030

Inflationsbereinigter Preisvergleich für ein C-Segment-Fahrzeug (in € real 2023)



Hinweis: Werte gerundet; internationaler Vergleich zeigt standortbedingte, nicht produzentenbedingte Preise; Batterie: 2019 NMC532, 2023 NMC811 und 2030 LFP angenommen; USA günstiger aufgrund von Steuern, regulatorischen Anforderungen und Built-to-Stock statt Built-to-Order. Batterien teurer v. a. durch höhere Einfuhrzölle auf günstigste chinesische Materialien; China: Günstiger durch vereinfachte Produktspezifika, Steuern, Arbeitskosten etc.; Transportkosten von China und den USA nach DE nicht inkludiert
Quelle: Analyse BCG und IW

zu einem Wettbewerbsvorteil für heimische Hersteller aufgebaut worden ist, als das Deutschland mit seiner in den letzten Jahren volatilen Förderlandschaft gelungen ist. In der Konsequenz punkten chinesische Hersteller heute mit einem differenzierten E-Pkw Angebot in verschiedenen Preissegmenten. Auch in der Batteriewertschöpfung nimmt die Volksrepublik von der Kathoden- und Anodenverarbeitung bis hin zur Zellfertigung eine führende Rolle ein (siehe Abbildung 64). Daraus resultieren aktuell deutliche Kostenvorteile: Im Schnitt kostet ein E-Pkw in China (Endkundenpreis) heute nur rund halb so viel wie in Deutschland (siehe Abbildung 65). Um sich trotzdem in diesem Markt zu behaupten, müssen deutsche Hersteller so schnell wie möglich zumindest einen Teil dieses Kostennachteils aufholen und gleichzeitig sicherstellen, ihren Qualitätsvorsprung aus Verbrennerfahrzeugen (in denen deutsche Hersteller ebenfalls einen Kostennachteil von etwa 50 % haben) in die E-Mobilität zu übertragen. Auch bei Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben konnte der Marktanteil Deutschlands im vergangenen Jahr leicht gesteigert werden (2022: < 1 %, 2023: knapp 2 %), hier liegt Deutschland jedoch nach wie vor nur

auf dem achten Platz gegenüber Platz sechs bei Verbrennungsmotoren. Aktuelle Marktanteile verdeutlichen hier die Dominanz Chinas besonders. Während rund 30 % der weltweit produzierten mittleren und schweren Nutzfahrzeuge mit konventionellen Antrieben aus China kommen, hat China bei alternativen Antrieben einen Marktanteil von rund 80 %.¹³³ Durch signifikante Anreize und Subventionen sowohl für Hersteller als auch auf Nachfrageseite wurde hier seit 2015 ein starker Heimatmarkt etabliert.

Die Unterstützung der Transformation der Automobilindustrie sollte eine zentrale industriepolitische Priorität für Deutschland sein. Im kommenden Jahrzehnt werden sich die Weltmarktanteile im globalen Automobilsektor neu verteilen. Das birgt für Deutschland ein erhebliches Risiko – und ist gleichermaßen eine Chance. Sollte die Transformation zur Elektromobilität nicht erfolgreich sein, ist dies auf der einen Seite das wahrscheinlich größte einzelne Deindustrialisierungsrisiko überhaupt. Rund 24 % der gesamten deutschen Industriewertschöpfung und 8 %¹³⁴ der gesamten deutschen Bruttowertschöpfung hängen direkt oder indi-

¹³³ S&P (2024).

¹³⁴ OECD (2022): 289 Mrd. € (direkt: 153 Mrd. €).

rekt von der Automobilindustrie ab. Es ist schwer vorstellbar, dass die deutsche Wirtschaft in Zukunft noch nennenswert wächst, wenn diese Industrie in großem Umfang Marktanteile verlieren sollte. Umgekehrt bietet die Transformation eine Chance, Weltmarktanteile von klassischen Herstellern zu gewinnen – und die Industrie wettbewerbsfähig für die nächsten Dekaden zu machen.

Deutschland sollte zur Unterstützung der Transformation auf ein breites Spektrum an Instrumenten zurückgreifen:

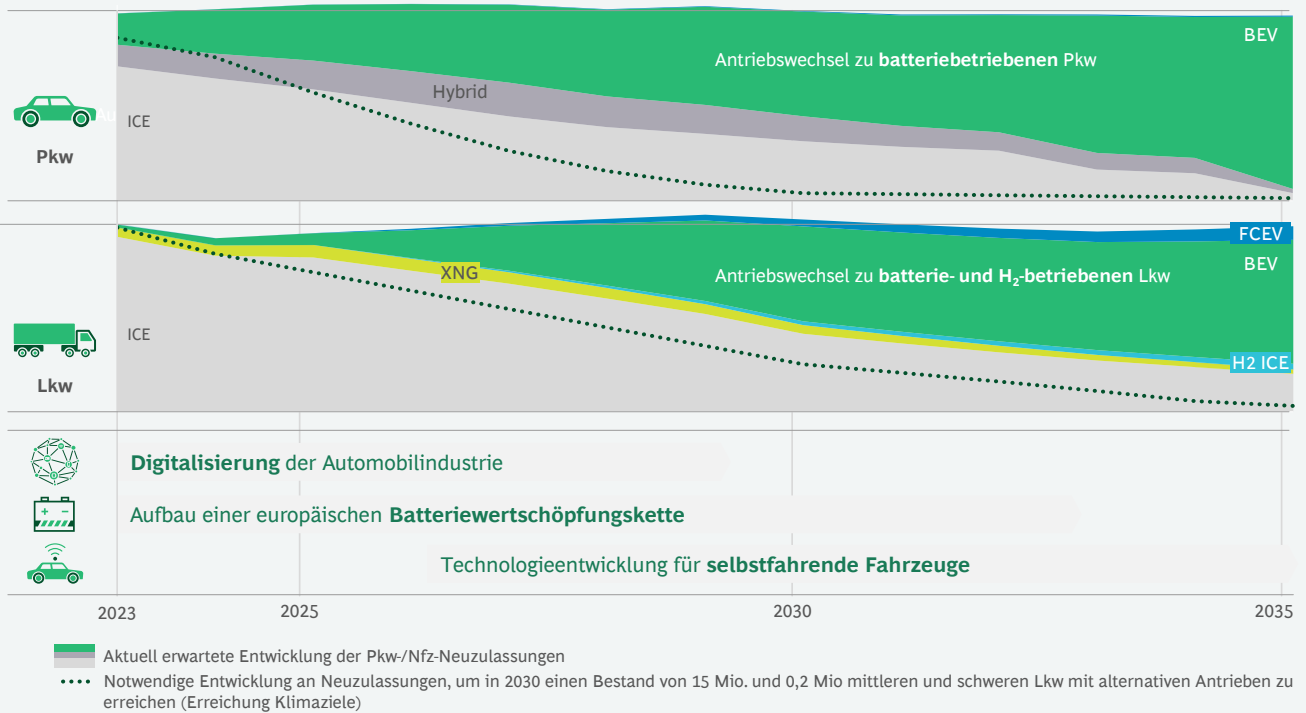
- Ein starker europäischer Heimatmarkt für Elektrofahrzeuge wäre die wirkungsvollste industriepolitische Maßnahme zur Unterstützung des Sektors. Eine starke, öffentlich geförderte heimische Nachfrage nach Elektrofahrzeugen war der wichtigste Grund für den jüngeren Erfolg der chinesischen E-Auto-Industrie. Ohne eine ähnlich starke Nachfrage in Deutschland und Europa würde die Industrie am Standort Deutschland schwer nachziehen können. Die Politik sollte dafür die derzeit größten Kaufhürden adressieren. Dafür sollte sie zuallererst konsequent den Hochlauf deutscher und europäischer Lade- und H₂-Tankinfrastruktur beschleunigen – insbesondere auch für Nutzfahrzeuge (siehe auch Kapitel 5.1.5). Bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben können zudem nachfrageorientierte Anreize helfen, die derzeit höheren Anschaffungskosten abzufedern.
- Innovation und Souveränität sollten in Zukunftstechnologien gestärkt werden. Um heimischen Herstellern darüber hinaus eine bessere Chance zum Aufbau eines neuen Technologievorsprungs zu verschaffen und die europäische Souveränität zu stärken, sollte Deutschland erheblich offensiver den Aufbau einer starken europäischen Batteriewertschöpfungskette (inkl. der Sicherstellung wettbewerbsfähiger Energiepreise), das Recycling von Batterien und Forschung in zentralen Zukunftstechnologien wie Feststoffbatterien, bidirektionalem Laden und autonomem Fahren unterstützen.¹³⁵
- Zusätzlich profitieren deutsche Hersteller von einem möglichst freien Zugang zu internationalen Märkten. Neben einem starken europäischen Heimatmarkt bleibt es für die exportorientierten deutschen Automobilunternehmen wesentlich, sich auf internationalen Märkten wie dem großen und dynamisch wachsenden asiatischen Markt zu behaupten.
- Abschließend sollte durch verlässliche politische Rahmenbedingungen Planungssicherheit geschaffen werden. Zunächst müssen stabile Vorgaben zu Instrumenten wie der CO₂-Bepreisung und Flottenregulierung erhalten bleiben. Zusätzlich ist auch eine differenzierte und abgestimmte Chemikalienpolitik notwendig, beispielsweise bei der aktuellen Diskussion zum Einsatz von PFAS. Hier sollte ein mit der Industrie abgestimmter und risikobasierter Ansatz gefunden werden (siehe Kapitel 5.3.2).

¹³⁵ Mit Blick auf die Klimaziele im Verkehrssektor müssen zudem auf EU-Ebene die regulatorischen Weichen für einen schnellen Hochlauf erneuerbarer Kraftstoffe zur Defossilisierung des Fahrzeugbestands gestellt werden.

Der Automobilindustrie hilft nur „der Weg nach vorne“

ABBILDUNG 66 | Transformationspfad der Automobilindustrie

Erwartete und zur Erreichung der Klimaziele notwendige Entwicklung der Pkw- und Nfz-Neuzulassungen in DE



Quelle: BCG-Powertrain-Model; S&P Global Mobility LV Powertrain FC 5/2024; S&P Global Mobility MHCV Powertrain FC 5/2024; Analyse BCG und IW

4.6 Für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau ist die Klimatransformation eine historische Wachstumschance

Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 106 Mrd. €

Produktion: 256 Mrd. €

Auslandsumsatz: 63 %

Beschäftigung: 1.040.000 Personen

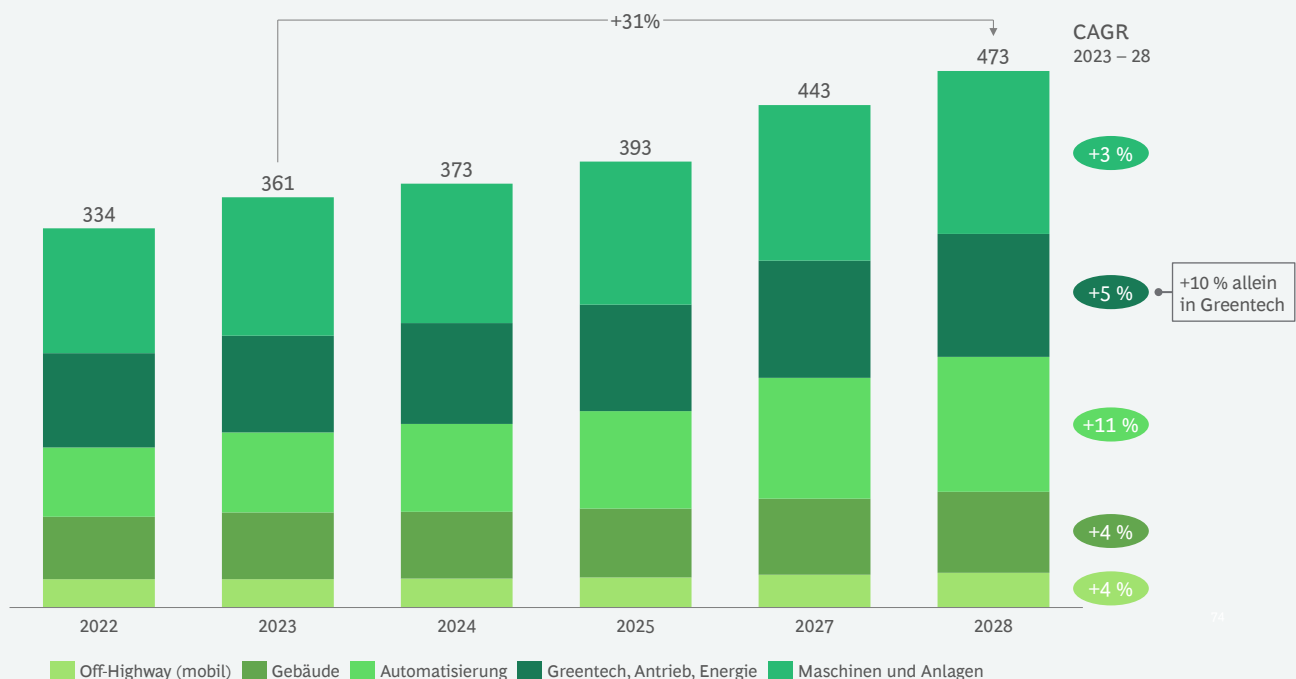
Der Maschinen- und Anlagenbau ist Deutschlands zweitgrößter Industriesektor und eine tragende Säule der deutschen Exportstärke.¹³⁶ Der Sektor erwirtschaftet rund 15 % der gesamten deutschen Industriewertschöpfung. Das größte Segment ist dabei der klassische Anlagenbau (z. B. Produktionsanlagen für andere verarbeitende Gewerbe), gefolgt von Greentech, Antriebs- und Energietechnologien (z. B. Windkraftanlagen oder Motoren), industrieller Automatisierung (z. B. Roboter oder Software zur autonomen Steuerung von Produktionsanlagen), Gebäudetechnik (z. B. Klima- und Kältetechnik) sowie mobilen Off-Highway-Anwendungen (z. B. Land- und Baumaschinen). In jedem dieser Segmente hat der Sektor Weltmarktführer hervorgebracht und kann sich dabei ähnlich wie die Automobilindustrie auf ein starkes Fundament gewachsener und innovativer Forschungs- und Wertschöpfungsverbünde stützen. Mit rund 10 % der privatwirtschaftlichen F&E-Ausgaben ist der Maschinen- und Anlagenbau außerdem einer der forschungsintensivsten Sektoren in Deutschland und hat sich damit in den letzten Jahren erfolgreich in mehreren Wachstumsmärkten positioniert – vor allem im Bereich der Automatisierung und Klimatechnologien (siehe Abbildung 67).

¹³⁶ Der Maschinen- und Anlagenbau ist in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08-28.

Grüne Transformation und Digitalisierung eröffnen historische Wachstumschancen

ABBILDUNG 67 | Prognose zur Entwicklung der deutschen Maschinen- und Anlagenbausegmente 2022 – 2028

Marktgröße der Maschinen- und Anlagenbausegmente (in Mrd. €, 2022 – 2028)



Quelle: Analyse BCG und IW

Zudem sind deutsche Maschinen und Anlagen weltweit gefragt: Allein im Jahr 2023 exportierte die Branche Güter im Wert von rund 175 Mrd. Euro – mehr als 60 % seiner Produktion –, davon mehr als die Hälfte nach Europa.¹³⁷

Die gewachsenen Wettbewerbsvorteile deutscher Maschinen- und Anlagenbauer werden derzeit herausgefordert. Aktuell leidet der Sektor vor allem unter einer schwachen deutschen Gesamtkonjunktur. Die allgemeine Investitionszurückhaltung im Zuge der Covid-Krise und des russischen Ukraine-Krieges hat zu sinkenden heimischen Aufträgen geführt – und einem realen Bestellrückgang von rund 12 % im Jahr 2023. Mittelfristig steht der Sektor vor drei großen Herausforderungen:¹³⁸

- **Diverse Segmente stehen vor einer fundamentalen Technologietransformation.** Mehrere Segmente im Maschinen- und Anlagenbau sind grundsätzlich aktuell noch von fossil geprägten Märkten abhängig. Das gilt für manche Energietechnologien wie Dampfturbinen, aber vor allem für die Antriebstechnik, zum Beispiel für Schiffe sowie Off-Highway- und Nutzfahrzeuge. Diese Segmente stehen ähnlich wie der deutsche Automobilsektor vor einem fundamentalen Technologiewandel mit ungewissem Ausgang, für den sie neue Kompetenzen, neue Produktion sowie Zulieferstrukturen aufbauen – und in vielen Fällen mehrere Technologien parallel entwickeln müssen –.
- **Das Risiko deutscher Deindustrialisierung bedroht in Teilen das Wachstum im Heimatmarkt.** Mehrere Sektoren in der energieintensiven Industrie, der Automobilproduktion sowie dem Maschinen- und Anlagenbau (siehe oben) sind aktuell oder mittelfristig zumindest teilweise von Deindustrialisierung bedroht (zum Beispiel Dampfturbinen, Off-Highway-Antriebe, Schiffe). Sollten sie zukünftig weniger investieren, würden darunter auch vorgelagerte Wertschöpfungsketten leiden (siehe Kapitel 2.3). Als einer der wichtigsten Zulieferer der deutschen Industrie wäre der Maschinen- und Anlagenbau davon deutlich überproportional betroffen.
- **Ausländische Wettbewerber erhalten unfaire Vorteile.** Vor allem in Wachstumstechnologien konkurrieren deutsche Unternehmen zunehmend mit Wettbewerbern, die mehr oder weniger stark von industriepolitischer Unterstützung von ihren Heimatländern profitieren. Die USA haben mit dem Inflation Reduction Act (IRA) öffentliche Förderung

für einer Reihe erneuerbarer Technologien an harte „Local Content“-Regeln geknüpft. China unterstützt in mehreren Sektoren den Aufbau heimischer Produktion in Schlüssel- und Zukunftstechnologien und ermöglicht Herstellern offensive Export- und Preissetzungsstrategien.¹³⁹ Zum Beispiel bieten in öffentlichen Ausschreibungen für internationale Wasserstoffprojekte chinesische Hersteller teilweise bis zu fünfmal günstigere Elektrolyseure an, obwohl deren Produktionskosten nur rund 15 % unter jenen deutscher Hersteller liegen (siehe Abbildung 68).

Gleichzeitig eröffnet die anstehende Klimatransformation dem Maschinen- und Anlagenbau historische Wachstumschancen. Alleine in Europa wird die Erreichung der aktuellen Klimaziele Mehrinvestitionen in Höhe von fast 10 Bio. Euro bis 2050 erfordern. Fast die Hälfte dieser Investitionen – zum Beispiel für den Umbau der Energieerzeugung, die Dekarbonisierung der Industrie, die Umrüstung auf Wärmepumpen und energiesparende technische Gebäudeausrüstung, den Ausbau und die Dekarbonisierung von Fernwärmesystemen, die Herstellung von Wasserstoff und E-Fuels – sind für den Maschinen- und Anlagenbau relevant (siehe Abbildung 69). Für den Sektor ist diese Transformation damit die wahrscheinlich größte Wachstumschance seit dem deutschen Wiederaufbau.

Der wichtigste Hebel zur Unterstützung des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus wäre die Beschleunigung der deutschen und europäischen Klimatransformation. In vielen klimafreundlichen Technologien wird das kommende Jahrzehnt über die zukünftige Verteilung von Weltmarktanteilen entscheiden. Deutsche Maschinen- und Anlagenbauer haben in mehreren dieser Technologien eine gute Startposition. Damit sich diese in den kommenden Jahren in echtes Wachstum übersetzt, sind mehrere Dinge entscheidend:

- **Zunächst sollte Deutschland durch eine konsequente Umsetzung der Klimawende sicherstellen, dass deutsche Hersteller einen starken Heimatmarkt haben** – durch bessere Rahmenbedingungen für Energie- und Wärmewende und die industrielle Dekarbonisierung, aber auch den Abbau regulatorischer Hürden (siehe Kapitel 5.1.2, 5.1.4 und 5.2.1).
- In Sektoren, in denen das erforderlich ist, sollte Deutschland gezielt die Ansiedlung heimischer Wertschöpfung fördern – auch um sich dem zunehmenden industriepolitischen Standortwettbewerb zu stellen (siehe Kapitel 5.3.3).

¹³⁷ VDMA (2024).

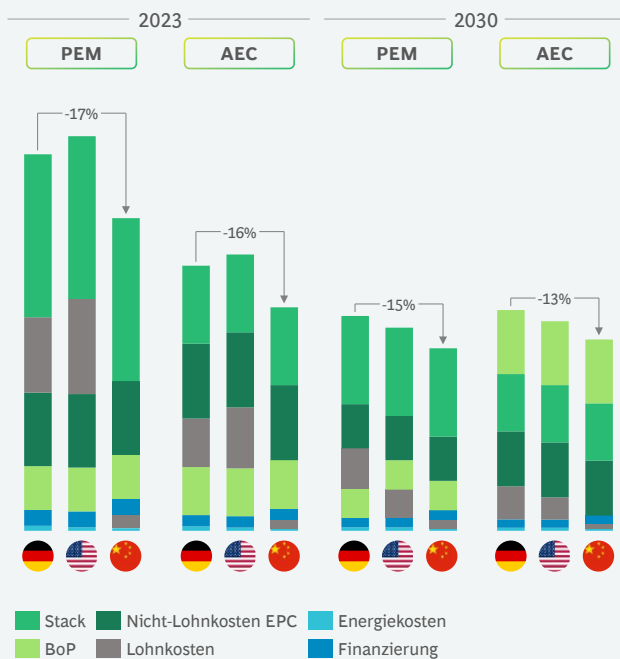
¹³⁸ Zusätzlich beeinträchtigen steigende Materialpreise und ein absehbarer Fachkräftemangel die Wettbewerbsfähigkeit in allen Segmenten.

¹³⁹ BCG (2024a).

Höhere deutsche Produktionskosten; China durch Zuschlagspreise mit unfairerem Vorteil

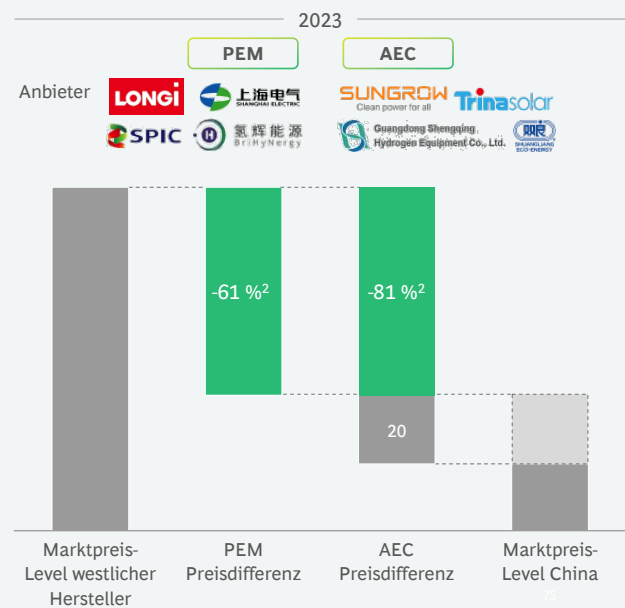
ABBILDUNG 68 | Vergleich der Produktionskosten für Elektrolyseure in Deutschland, USA und China in 2023 und 2030

Produktionskosten von Elektrolyseuren¹
(in €/kW)



1. Kostenunterschiede in Lohn-, Energie- und Fertigungskosten basierend auf BCG-H₂-Modell, realen Preisunterschieden, Kostenentwicklungsvorhersagen
Quelle: Aurora Energy Research; Argonne National Laboratory; Eikon; BCG-H₂-Modell; YouGov; Experteninterviews; Hydrogen Insight; Analyse BCG und IW

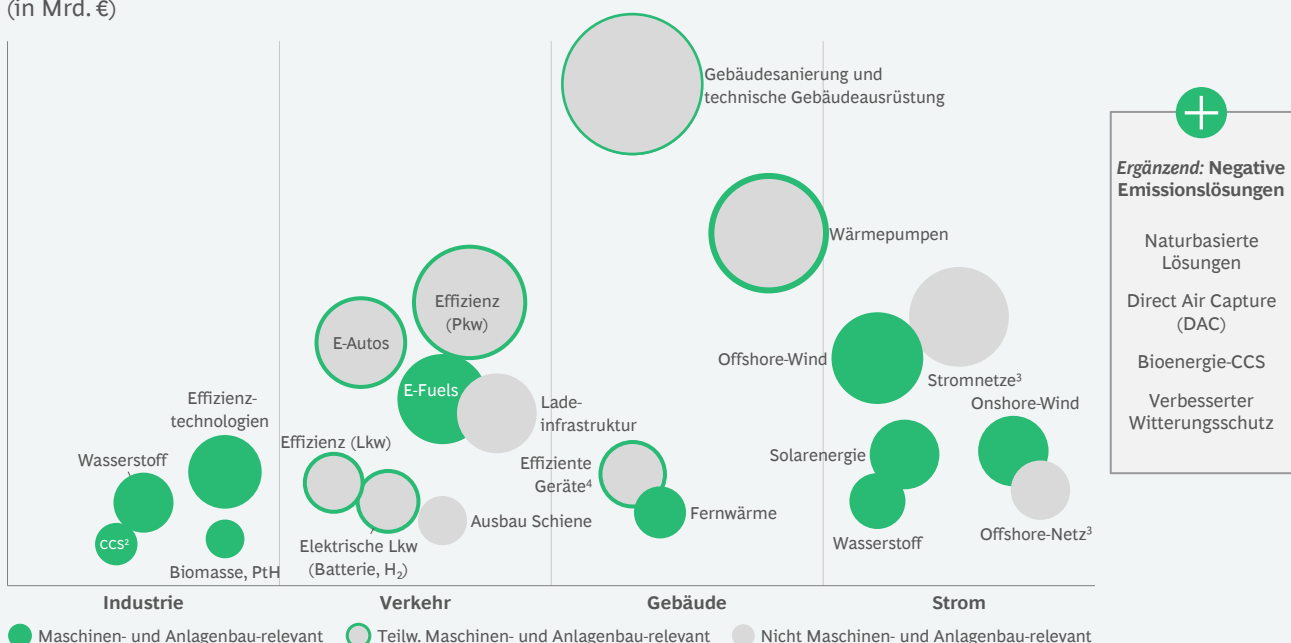
Zuschlagspreise für Chinas größte öffentliche Elektrolyseur-Ausschreibung (in %)



Ca. 10 Bio. Euro Investitionen für EU-Klimaziele bis 2050 — 45 % Maschinenbau-relevant

ABBILDUNG 69 | Kumulierte Investitionen in Industrie, Verkehr, Gebäude und Strom bis 2050 relevant für Maschinenbau

Kumulative zusätzliche Investitionen¹ für einen europäischen Netto-Null-Pfad bis 2050
(in Mrd. €)



1. Nur Investitionen > 30 Mrd. € berücksichtigt 2. Carbon Capture and Storage (inkl. Carbon-Management) 3. Einschließlich Übertragung über große Strecken und Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze 4. Effiziente Geräte, die weniger Energie verbrauchen und somit weniger CO₂-Emissionen verursachen
Quelle: Analyse BCG und IW

- Darüber hinaus sollte die Politik offensiv den Fachkräftemangel bekämpfen – das wahrscheinlich größte Wachstumsrisiko des Sektors (siehe Kapitel 5.1.5).
- Zudem ist der Maschinen- und Anlagenbau ein starker Exportspieler mit zahlreichen weltweit gefragten Produkten. Eine Stärkung des europäischen Binnenmarkts sowie von Freihandelsabkommen ist deshalb für den Sektor von größter Bedeutung (siehe Kapitel 5.3.4).

4.7 Auch die Elektro- und Digitalindustrie steht durch die Klimatransformation vor historischen Wachstumschancen

Elektro- und Digitalindustrie in Deutschland Daten und Fakten 2023

Bruttowertschöpfung: 91 Mrd. €

Produktion: 188 Mrd. €

Auslandsumsatz: 52 %

Beschäftigung: 908.000 Personen

Die Elektro- und Digitalindustrie erwirtschaftet ungefähr ein Siebtel der deutschen Industriewertschöpfung und ist damit der drittgrößte Industriesektor in Deutschland.¹⁴⁰ Mit rund 80 % des Umsatzes erwirtschaftet der Sektor den größten Teil davon mit Industriegütern wie industrieller Automation sowie Energie- und Medizintechnik (187 Mrd. Euro). An zweiter Stelle stehen Vorleistungsgüter wie Halbleiter mit rund 15 % des Umsatzes (37 Mrd. Euro), gefolgt von Gebrauchsgütern wie Elektrohaushaltsgeräten und Unterhaltungselektronik (rund 5 % bzw. 14 Mrd. Euro). Dank hoher Innovation und Qualität sind Produkte des Sektors weltweit gefragt: Im Jahr 2023 exportierte die Branche Güter im Umfang von über 254 Mrd. Euro¹⁴¹, knapp zwei Drittel davon nach Europa. Gleichzeitig nehmen im Segment auch Importe deutlich zu. So verzeichnete die deutsche Elektro- und Digitalindustrie trotz steigender Exportvolumina im Jahr 2022 erstmals ein Handelsdefizit.

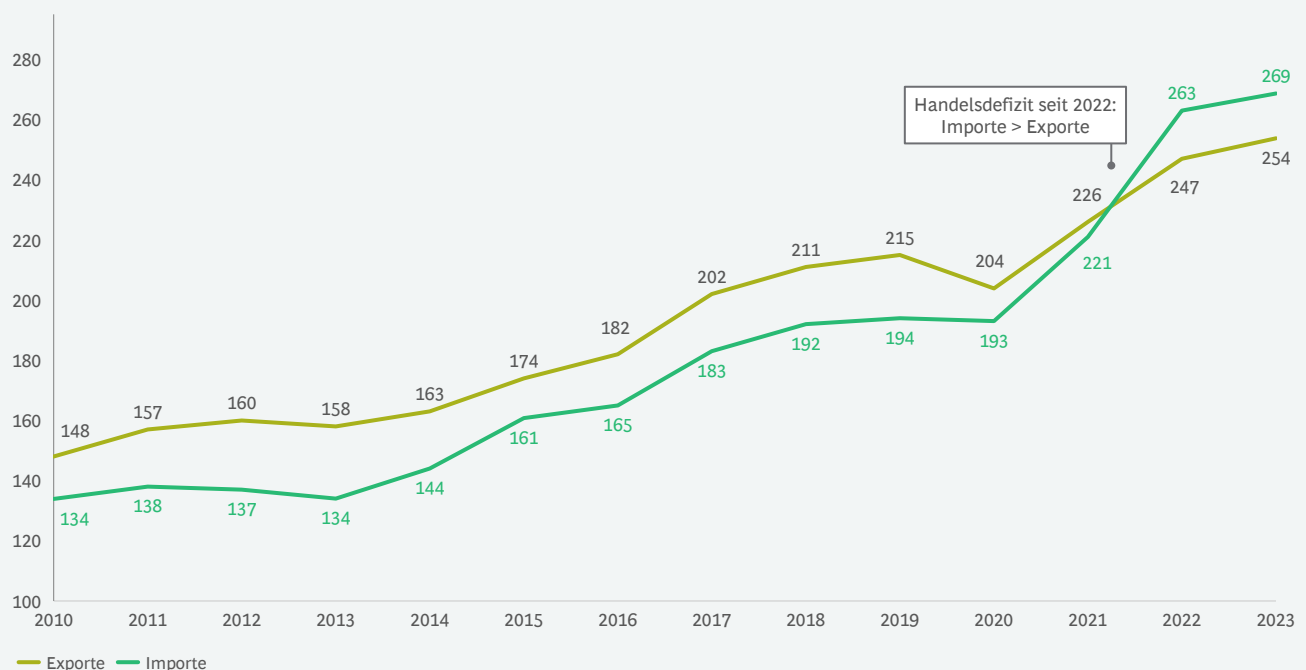
¹⁴⁰ Die Elektro- und Digitalindustrie ist in Daten und Fakten 2023 definiert als WZ08 18.20, 23.43, 26.11, 26.12, 26.20, 26.30, 26.40, 26.51, 26.60, 26.70 (Teile), 27.11, 27.12, 27.20, 27.31, 27.32, 27.33, 27.40, 27.51, 27.90, 28.21 (Teile), 28.24, 29.31, 30.20 (Teile), 32.50 (Teile), 33.13, 33.14, 33.20 (Teile) und zeigt in Teilen (WZ08-28.21 Teile und 28.24) Überschneidungen mit dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automobilindustrie (WZ08-29.31) auf.

¹⁴¹ 123 Mrd. € Auslandsumsatz; Ausfuhren inkl. Reexporten 2023: 254 Mrd. € (siehe Abbildung 60). ZVEI (2024a).

Exporte und Importe auf Rekordniveau – jedoch Handelsdefizit seit 2022

ABBILDUNG 70 | Export- und Importvolumina der Elektro- und Digitalindustrie 2010 – 2023

Entwicklung der Importe und Exporte der Elektro- und Digitalindustrie (in Mrd. €, 2010 – 2023)



Quelle: ZVEI; Analyse BCG und IW

Hinter der Industrie liegt ein Jahrzehnt des Wachstums – vor ihr stehen mehrere Herausforderungen. Auf dem Höhepunkt der Covid-19-Pandemie waren rund 60 % der Unternehmen des Sektors von Auftragsmangel betroffen¹⁴², seitdem zog die Nachfrage jedoch wieder deutlich an.¹⁴³ Trotzdem steht die Industrie absehbar vor einer Reihe von Herausforderungen:

- **Die Resilienz globaler Lieferketten wird kritischer.** Eine anhaltende Herausforderung des Sektors sind Schwierigkeiten mit Materialknappheit, Rohstoffabhängigkeiten und wiederkehrenden Lieferkettenstörungen. So kommen zum Beispiel rund 98 % der Versorgung mit seltenen Erden aktuell aus China (siehe Kapitel 1.3.7). Um die Resilienz ihrer Lieferketten zu erhöhen, müssen Unternehmen erhebliche Zeit und Kosten in die Diversifizierung ihrer Lieferantenbasis investieren.
- **Globaler Wettbewerb nimmt zu – nicht immer fair.** Globaler Wettbewerb und Innovationsdruck, zum Beispiel aus China, Südkorea aber auch den USA, nehmen auch in diesem Sektor weiter zu. Chinesische Hersteller profitieren dabei von geringeren Energie- und Arbeitskosten, besserem Zugang zu Rohstoffen, hohen Skaleneffekten und heimischen Subventionen im Rahmen des „Made in China 2025“-Programms. Auch die USA fördern mit dem Inflation Reduction Act gezielt die heimische Ansiedlung von Schlüssel- und Zukunftstechnologien, vor allem in der Antriebs- und Energiewende.
- **Der Fachkräftemangel bedroht das Wachstumspotenzial der Branche.** Mehr als kaum ein anderer Sektor benötigt die Elektro- und Digitalindustrie hochqualifizierte Ingenieure und IT-Spezialisten, um den steigenden Anforderungen in ihren Märkten gerecht zu werden. Der demografische Wandel und die unzureichende Anzahl deutscher MINT- Absolventen stellen deswegen ein erhebliches Risiko für das zukünftige Wachstum der Branche dar.

Dennoch steht auch dieser Sektor durch mehrere Megatrends – Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung – vor historischen Wachstumschancen. Die Elektro- und Digitalindustrie spielt eine zentrale Rolle in fast allen wachsenden Zukunftsmärkten, in denen sich das zukünftige Wachstum der deutschen Industrie entscheidet. Elektrifizierung ist in fast jedem Sektor der wichtigste Hebel zur Senkung von Emissionen und wird im Rahmen der Klimawende zu massiven Investitionen in elektrische Antriebe, Wärmepumpen, Ladeinfrastruktur, Netztechnologie und

andere elektrotechnische Produkte führen. Automatisierung und Digitalisierung werden – noch einmal beschleunigt durch KI – die Art zu arbeiten in ganzen Sektoren verändern und ebenfalls Milliardeninvestitionen zur Folge haben. Insgesamt wird allein in diesen für die Elektro- und Digitalindustrie relevanten Zukunftstechnologien bis 2030 ein Wachstum von über 150 % und im Jahr 2030 ein Weltmarkt von rund 5,5 Bio. Euro geschätzt (siehe Abbildung 71).

Auch für die Elektro- und Digitalindustrie wäre der größte Wachstumstreiber eine Beschleunigung der Klimatransformation. Folgende Hebel sind hierfür wesentlich:

- **Der Ausbau Klimawende-relevanter Infrastrukturen sollte verstärkt werden.** Um hiesigen Unternehmen einen starken Heimatmarkt zu schaffen, sollte Deutschland bei der Umsetzung seiner Klimawende- sowie den Ausbauzielen für Stromnetze und Ladeinfrastruktur erheblich näher vorankommen (siehe Kapitel 5.1.2).
- **Strompreise müssen wieder wettbewerbsfähiger werden für wachsende Zukunftsmärkte.** Wichtiger als im Maschinen- und Anlagenbau ist dafür auch hier die Rückkehr zu wettbewerbsfähigen Strompreisen – vor allem für die Batterieproduktion, Ladestrom, Endnutzer von Wärmepumpen und elektrische Industrierwärme (siehe Kapitel 5.1.1).
- **Für eine starke Elektro- und Digitalindustrie in Deutschland und der EU sollten die Lokalisierung neuer Produktion und Forschung in Zukunftstechnologien verstärkt werden:** Auch in diesem Sektor sollte sich Deutschland dem industriepolitischen Standortwettbewerb stellen und gezielt die Ansiedlung heimischer Wertschöpfung und Forschung in relevanten Zukunftstechnologien fördern (siehe Kapitel 5.3.2 und 5.3.3), um auch auf den Exportmärkten bestehen zu können.
- **Abhängigkeiten von kritischen Rohstoffen und Vorprodukten der Industrie sollten reduziert werden.** Um kritische Abhängigkeiten zu minimieren, sollten zusätzliche Importpartnerschaften aufgebaut und die Bedingungen für die Lagerhaltung kritischer Rohstoffe und Vorprodukte verbessert werden. Zudem würden der Industrie Anreize für eine EU-Produktion kritischer Rohstoffe helfen, wie für die Batteriewertschöpfungskette oder Halbleiter (siehe Kapitel 5.1.6).

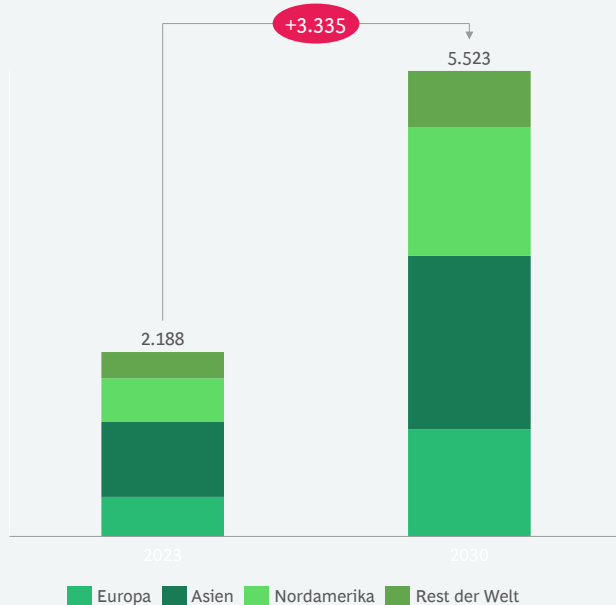
¹⁴² ZVEI (2024b).

¹⁴³ Umsatzentwicklung 2022 zu 2023: Industriegütersegment: +7 %, Vorleistungen: +9 %, lediglich bei Gebrauchsgütern sank der Umsatz (-10 %), vor allem getrieben durch zunehmende Importe und stärkeren internationalen Wettbewerb. ZVEI (2024a).

Zukunftstechnologien als starke Wachstumstreiber für Elektro- und Digitalindustrie

ABBILDUNG 71 | Marktgröße Zukunftstechnologien 2023 und 2030; Standortattraktivität Europa, USA, China

Marktgröße relevanter Zukunftstechnologien¹ 2023 und 2030 (in Mrd. €)



Erfolgsfaktoren und Wachstumshindernisse EU, USA und China im internationalen Vergleich

Produktionsbedingungen	—	—	++
Regulatorische Unterstützung	—	++	+
Technologiekompetenz	++	+ —	+
Zugang zu Rohstoffen	—	+	+
Starker Heimatmarkt	+	+ —	++

1. Inkludiert Zukunftstechnologien im Bereich der Antriebswende (alternative Antriebe, automatisiertes und autonomes Fahren, Ladeinfrastruktur), Energiewende (Windkraft, Netztechnik, H₂-Technologien), Wärmewende (Wärmepumpen, industrielle Elektrifizierung) und Digitalisierung (Automation und Robotics, künstliche Intelligenz); Marktgröße basierend auf BCG-Markt-Model
Quelle: Analyse BCG und IW

- Die Fachkräftelücke für Elektrotechnik sollte geschlossen werden: Knapp 70.000 Fachkräfte fehlen nach aktuellen Prognosen in 2030 in der Elektrotechnik für die Klimatransformation. Damit ist die Elektrotechnik die am drittstärksten betroffene Berufsgruppe (siehe Abbildung 26). Daher sollte die Politik offensiv den Fachkräftemangel bekämpfen – das wahrscheinlich größte Wachstumsrisiko des Sektors (siehe Kapitel 5.1.5).



Exkurs: Perspektive Mittelstand

Der industrielle Mittelstand spielt eine wichtige Rolle für Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Mittelständische Unternehmen erwirtschaften fast ein Viertel der industriellen Wertschöpfung und beschäftigen knapp 40 % der Angestellten der Industrie (siehe Abbildung 72).¹⁴⁴ Charakteristisch für mittelständische Unternehmen sind eine oft hohe regionale Verbundenheit, Kundennähe, technische Spezialisierung und Innovationsstärke. So stammen fast die Hälfte der weltweit rund 2.700 „Hidden Champions“ (d. h. in ihren Nischen global führende, aber branchenextern kaum bekannte Unternehmen) aus dem deutschen Mittelstand.¹⁴⁵ Mittelständische Unternehmen sind in allen Industriesektoren vertreten, vor allem aber im Baugewerbe, wo sie über 80 % der Wertschöpfung sowie fast 90 % der Beschäftigung innerhalb des Sektors verantworten (siehe Abbildung 72).

Strukturelle Herausforderungen wie die investitionsintensive Klimatransformation oder der zunehmende Fachkräftemangel sind für mittelständische Unternehmen oft schwerer zu kompensieren als für große Konzerne. So zeigt eine Analyse der KfW, dass fast ein Drittel der kleineren Unternehmen keine Klimaschutzinvestitionen in den nächsten fünf Jahren beabsichtigt – vor allem getrieben durch die hohe Kostenbelastung, fehlende finanzielle Ressourcen sowie lange Planungs- und Genehmigungsverfahren.¹⁴⁶ Gleichzeitig ist der Zugang zu öffentlichen Fördermitteln häufig schwerer, da diese entweder auf große Produktionsanlagen ausgerichtet (wie die erste Runde der Klimaschutzverträge) oder nur mit hohem bürokratischen Aufwand zu beantragen sind (den mittelständische Unternehmen aufgrund geringerer Personalressourcen schwerer tragen können). Aufgrund der häufig ländlichen Lokalisierung erschwert eine teils unzureichende Infrastrukturanbindung an Strom-, H₂- oder CO₂-Netze Dekarbonisierungsinvestitionen zusätzlich. Auch der Fachkräftemangel ist für mittelständische Unternehmen eine noch größere Herausforderung als für den Rest der Industrie. So gaben bereits in 2023 bis zu 50 % der stark mittelständisch geprägten Gießereiindustrie erhebliche Schwierigkeiten bei der Anwerbung von Fachkräften an. Für die bis 2030 prognostizierte Fachkräftelücke liegen fünf der zehn am stärksten betroffenen Berufsgruppen im mittelständisch geprägten Baugewerbe.¹⁴⁷

Zukünftige Industriepolitik sollte deswegen den Bedürfnissen des Mittelstands besondere Beachtung schenken. Mehr noch als der Rest der Industrie leidet der Mittelstand unter komplexen Prozessen und hohen bürokratischen Lasten. Ein Abbau bürokratischer Hürden sowie die Vereinfachung von Planungs- und Genehmigungsverfahren sind für den Mittelstand daher von herausragender Bedeutung, nicht zuletzt um weniger personelle Ressourcen zu binden (siehe Kapitel 5.1.4). Neben vielen anderen Ansätzen wird auch eine einfachere Lösung für die hohen bürokratischen Anforderungen und Berichterstattungspflichten etwa des CBAM oder der Nachhaltigkeitsberichterstattungspflichten nötig sein (siehe Kapitel 5.2.4). Ebenso entfalten alle Hebel zur Bekämpfung des Fachkräftemangels, zum Beispiel die gezielte Weiterbildung für Mangelberufe (siehe Kapitel 5.1.5), im Mittelstand noch höhere Wirkung als in der Breite der Industrie. Um die notwendige Dekarbonisierung des industriellen Mittelstands zu unterstützen, sollten Förderprogramme mittelstandstauglicher gemacht werden, zum Beispiel durch eine schnelle Umsetzung der Förderrichtlinie „Bundesförderung Industrie und Klimaschutz“ (BIK). Da die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in vielen Fällen stärkere Stromanschlüsse erfordert, was insbesondere im ländlichen Raum oft eine erhebliche Kostenherausforderung ist, sollten erhöhte Anschlusskosten wo erforderlich sozialisiert werden, ohne eine außergewöhnliche Kostenbelastung für lokale Verteilnetzkunden auszulösen (siehe Kapitel 5.1.1.). Zudem sollte die Politik die Verbundforschung weiter stärken, um mittelständischen Unternehmen dank dieser Bündelung den Zugang zu kostenintensiven Innovationen zu erleichtern (siehe Kapitel 5.3.2).

¹⁴⁴ Für den Mittelstand gibt es abweichende Definitionen: So werden auf EU-Ebene Unternehmen mit < 250 Mitarbeitenden bzw. < 50 Mio. € Umsatz als KMU bzw. Mittelstand verstanden (so nach Definition der EU-Kommission). Im stärker Mittelstands-geprägten Deutschland wird diese Gruppe aber oft breiter definiert und umfasst danach auch Unternehmen mit bis zu 500 Mitarbeitenden und bis zu 50 Mio. € Umsatz (so z. B. nach dem Institut für Mittelstandsforschung Bonn).

¹⁴⁵ BVMW (2024).

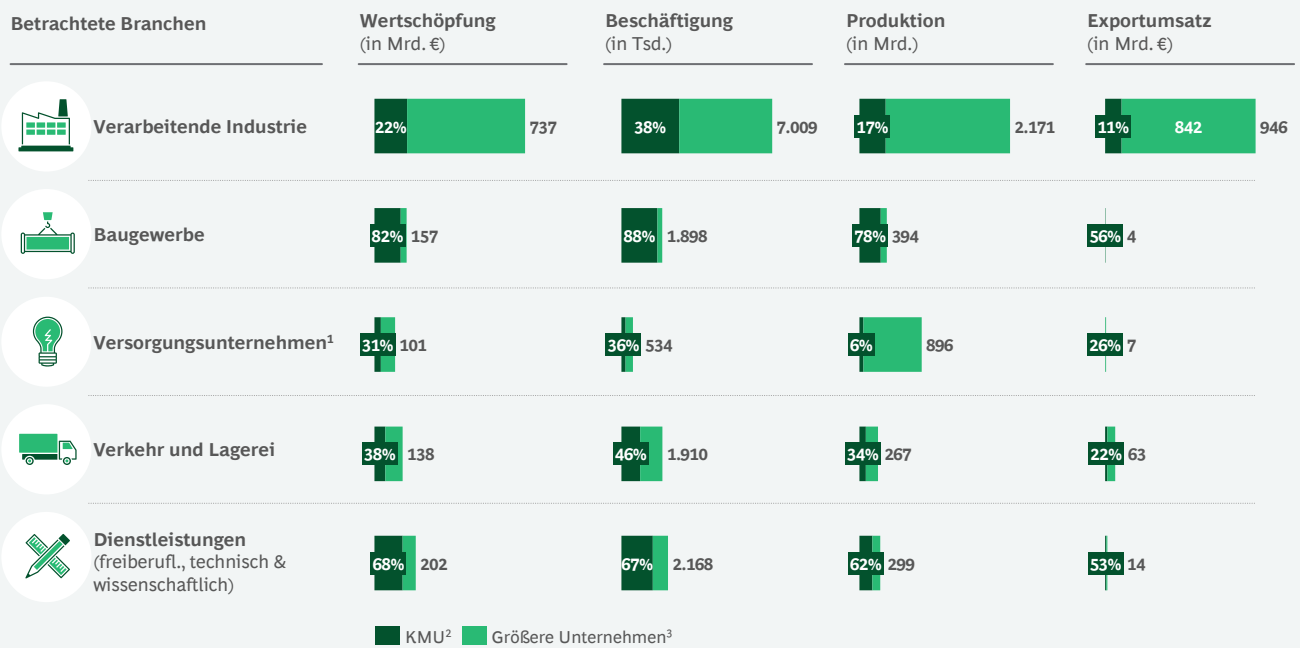
¹⁴⁶ Sondererhebung zum KfW-Mittelstandspanel März 2023. Bei kleinen Unternehmen (< 50 Mitarbeitende oder > 10 Mio. € Umsatz beabsichtigt danach ein Drittel keine Klimaschutzinvestitionen in den nächsten drei bis fünf Jahren, bei mittelgroßen Unternehmen (< 250 Mitarbeitende oder < 50 Mio. € Umsatz) hat rund ein Viertel derzeit keine Investitionen hierfür vorgesehen. Zum Vergleich: Bei großen Unternehmen (> 250 Mitarbeitende oder > 50 Mio. € Umsatz) ist es lediglich ein Siebtel, das derzeit von solchen Investitionen absieht.

¹⁴⁷ Hochbau; Metallbau und Schweißtechnik; Tiefbau; Bau- und Transportgeräteführung; Bauplanung und -überwachung, Architektur.

V. a. das Baugewerbe stark mittelständisch geprägt in Wertschöpfung und Beschäftigung

ABBILDUNG 72 | Wertschöpfung, Beschäftigung, Produktion und Exportumsatz von KMU und größeren Unternehmen

Wertschöpfung, Beschäftigung, Produktion und Exportumsatz von KMU und größeren Unternehmen im Vergleich



1. Energieversorgung, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen 2. < 250 Mitarbeiter und < € 50 Mio. € Umsatz 3. > 250 Mitarbeiter oder > € 50 Mio. € Umsatz

Quelle: Statistisches Bundesamt, IfM Bonn, Stand: 2021; Analyse BCG und IW



Der Umbau des Industriestandorts ist eine der größten Transformationsanstrengungen seit der Nachkriegszeit

Handlungsfelder für eine erfolgreiche Transformation

ABBILDUNG 73 | 15 Handlungsfelder für eine zukunftsfähige Industrie

HANDLUNGSFELDER FÜR EINE ZUKUNFTSFÄHIGE INDUSTRIE

WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DES STANDORTS WIEDERHERSTELLEN

Energieversorgung wettbewerbsfähig machen

Verfahren beschleunigen & Bürokratie abbauen

Infrastrukturen modernisieren & ausbauen

Fachkräftelücke schließen

Digitalisierung offensiv voranbringen

Kritische Abhängigkeiten minimieren

INDUSTRIELLE BASIS SICHERN

NEUES WACHSTUM BESCHLEUNIGEN

Industrietransformation & -dekarbonisierung unterstützen

Nachfrage nach grünen Technologien stärken

Optionenraum für Dekarbonisierung erweitern

Innovation in Zukunftstechnologien fördern

Kreislaufwirtschaft stärken

Lokalisierung neuer Produktion anreizen

Effektiven Carbon-Leakage-/Außenschutz herstellen

Fairen Freihandel ausbauen

FINANZIERUNG ALS ZUKUNFTSPAKT VERSTEHEN

Quelle: Analyse BCG und IW

Der Umbau des deutschen Industriestandorts erfordert einen industriepolitischen und unternehmerischen Kraftakt, für den insbesondere die Politik Bedarfe entlang von 15 zentralen Handlungsfeldern adressieren muss. Deutschland startet bei keinem dieser Felder bei null, in Anbetracht der strukturellen und tiefgreifenden Herausforderungen sind jedoch überall erhebliche Anstrengungen erforderlich.

Deutschland muss seine Standortbedingungen in der Breite wieder wettbewerbsfähig machen. Dafür müssen Regulator und Unternehmen die Kosten der Energie(wende) begrenzen, ein substanzielles Investitionsprogramm zur Modernisierung heimischer Infrastrukturen umsetzen, die einzigartigen Chancen aus Digitalisierung und KI offensiver nutzen, bürokratische Hürden deutlich abbauen und entschlossen der drohenden Fachkräftelücke entgegenwirken.

Um die Standortstärke tiefer, integrierter Wertschöpfungsgewebe zukünftig zu erhalten, muss Deutschland seine industrielle Basis durch die Folgen der Energiekrise führen und auch in einer klimaneutralen Zukunft wettbewerbsfähig halten. Dazu sollten vor allem energieintensive Sektoren unterstützt werden, die anstehenden Kosten der Klimatransformation zu schultern. Gleichzeitig könnten diese Kosten durch eine breitere Nutzung des Technologieraums zur Dekarbonisierung mit verstärktem industriellen Carbon-Management (CCUS) reduziert und die wettbewerbslichen Risiken der Dekarbonisierung durch eine Stärkung des (CO₂-) Außenschutzes begrenzt werden. Zusätzlich sollte für eine klimaneutrale Zukunft die Kreislaufwirtschaft gestärkt werden, nicht zuletzt um die Verfügbarkeit und Qualität von Sekundärrohstoffen zu erhöhen.

Um perspektivisches Industriewachstum zu ermöglichen, muss Deutschland Wertschöpfung in neuen Zukunftsmärkten schaffen. Einer der größten Hebel dafür ist die Umsetzung der heimischen Klimatransformation, um durch größere Nachfrage einen starken Heimatmarkt für CO₂-arme Technologien zu schaffen – und damit die Grundlage für die Skalierung weltweit erfolgreicher Produkte. Um aktuell bestehende Technologievorsprünge zu sichern – und diese starken Heimatmärkte auch in Wertschöpfung zu übersetzen –, sollte Deutschland für die vielversprechendsten Technologien gezielt Innovationen fördern, wie auch die Ansiedelung neuer Produktion. Da Deutschland zudem aufgrund seiner sehr hohen Exportquote mehr als fast

jedes andere Land von offenen Märkten profitiert, sollte sich die Regierung weiter für starke Freihandelsabkommen einsetzen.

5.1 Der Industriestandort Deutschland muss wieder wettbewerbsfähig werden

5.1.1 Die Industrie braucht wettbewerbsfähige Energiepreise

Die Energiekrise hat insbesondere für energieintensive Industriesektoren einen bleibenden Wettbewerbsnachteil geschaffen, der vermutlich auch Ende der Dekade noch Bestand haben wird.¹⁴⁸ Eine klare Priorität deutscher Industriepolitik sollte deswegen eine Rückkehr zu wettbewerbsfähigen Energie- und insbesondere Strompreisen für die Industrie sein. Auf dem Gasmarkt sind die Hebel der Bundesregierung mittlerweile begrenzt – und eine Rückkehr zu konstanten Preisen auf Vorkrisenniveau scheint auf absehbare Zeit sehr wahrscheinlich ausgeschlossen. Umso wichtiger ist, dass die ambitionierten Ziele zur schnellen Umsetzung der Energiewende inkl. synchronisiertem Netzausbau und dem geplanten Aufbau der Wasserstoffwirtschaft bestmöglich mit industrieller Wettbewerbsfähigkeit in Einklang gebracht werden – durch die Vermeidung unnötiger Kosten, effizienteren Ausbau und, wo erforderlich, gezielte Unterstützung besonders von Kosten betroffener Unternehmen.

Der Umbau des deutschen Energiesystems erfordert bis 2030 etwa 410 Mrd. Euro an Mehrinvestitionen.¹⁴⁹ Der größte Teil dieser Investitionen entfällt auf den Ausbau der Netzinfrastuktur, um mehr Erneuerbare und Verbraucher anzuschließen, eine zunehmende Elektrifizierung zu bewältigen, Offshore-Windparks anzubinden und einen zunehmenden Anteil volatiler Stromerzeugung effektiv im Land zu verteilen. Allein für Verteil- und Übertragungsnetze bedarf es Mehrinvestitionen¹⁵⁰ in Höhe von ~ 152 Euro bis 2030 (bei Gesamtinvestitionen von ~ 250 Mrd. Euro, siehe Abbildung 74). Um gleichzeitig mehr Stromnachfrage zu bedienen und Emissionen zu senken, müssen sich jährliche Investitionen in Erneuerbare multiplizieren (insgesamt ~ 67 Mrd. Euro für PV, ~ 54 Mrd. Euro für Wind an Land und ~ 86 Milliarden Euro Wind auf See). Zusätzlich muss Deutschland neue gesicherte Leistung

¹⁴⁸ Auch für weniger energieintensive Unternehmen wird dieser Zustand perspektivisch anhalten, sodass neben weiterhin erforderlichen punktuellen Entlastungen für besonders energieintensive Verbraucher auch der kosteneffiziente Ausbau des Stromsystems insgesamt stärker in den Blick genommen werden muss.

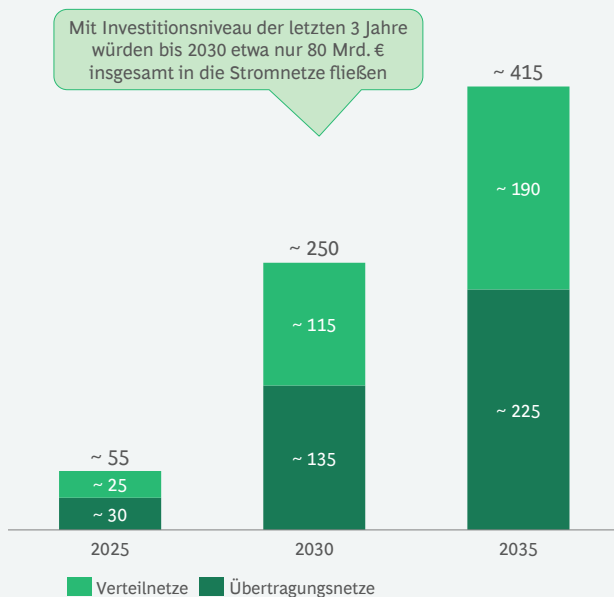
¹⁴⁹ Siehe *Exkurs: Mehrinvestitionen, Mehrkosten und fiskalische Belastungen der Transformation* in Kapitel 6.1 zur Definition der Mehrinvestitionen sowie weitere Details.

¹⁵⁰ Hier werden die benötigten Mehrinvestitionen gegenüber den durchschnittlichen Investitionen der letzten drei Jahre in die Stromnetze aufgeführt.

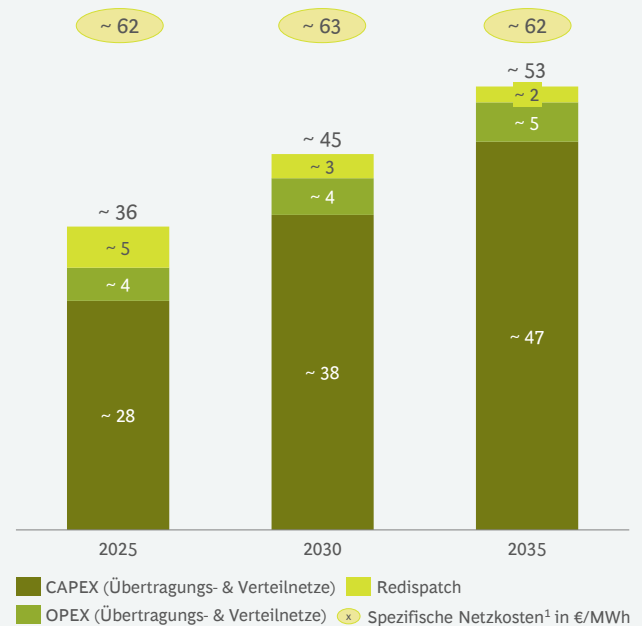
Investitionen in Stromnetze von ~ 250 Mrd. Euro bis 2030 lassen Systemkosten steigen

ABBILDUNG 74 | Investitionen in Stromnetze und Systemkostenentwicklung bis 2035

Kumulierte Gesamtinvestitionen in Stromnetze (in Mrd. € real 2023, ab 2024)



Jährliche Netzsystemkosten (in Mrd. € real 2023 pro Jahr)

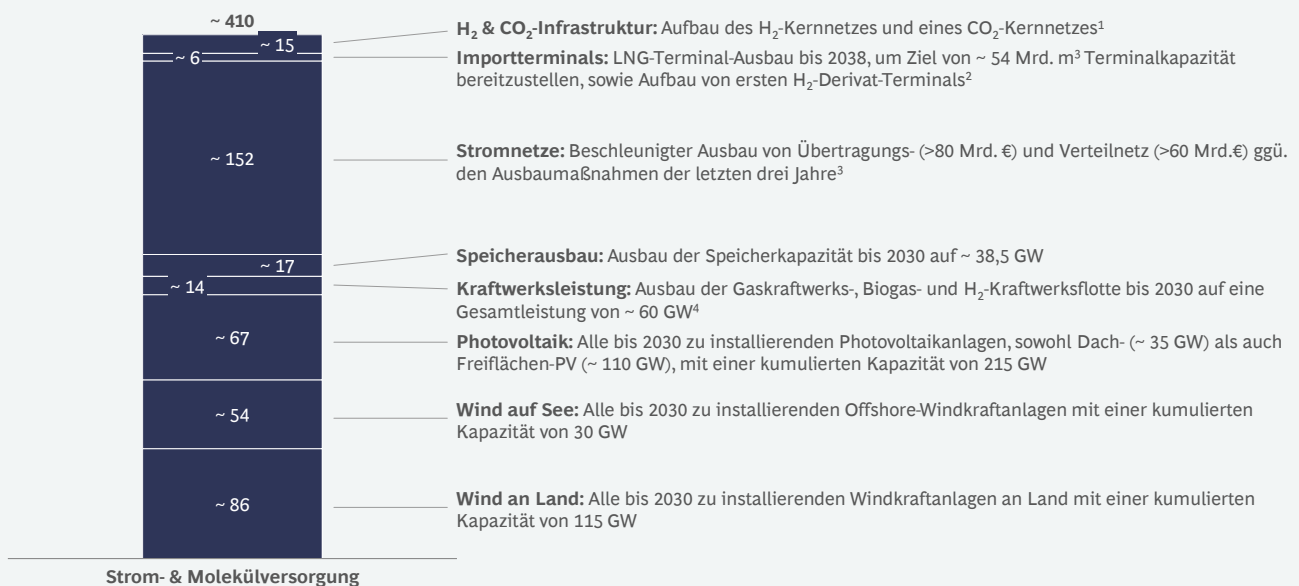


1. Strombedarf von ~ 580 TWh in 2025, ~ 710 TWh in 2030 und ~ 870 TWh in 2035 modelliert. Bleibt die Nachfrage hinter den Erwartungen zurück, so steigen die spezifischen Netzkosten an
Hinweis: Alle Angaben beziehen sich auf einen Net-Zero-Pfad
Quelle: Netzentwicklungsplan 2023; Analyse BCG und IW

Der Umbau der deutschen Energieversorgung erfordert ~ 410 Mrd. Euro bis 2030

ABBILDUNG 75 | Kumulierte Mehrinvestitionen in die Energieerzeugung 2024 – 2030

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030 (in Mrd. € real 2023)



1. Ausschließlich Investitionen von 2024 bis 2030 inkludiert, CO₂-Kernnetz auf Abscheidung von ~ 90 Mt CO₂ pro Jahr in 2045 ausgelegt 2. Aufschlag von 50 % der bereitgestellten 9,8 Mrd. € bis 2038 aufgrund der erwarteten Mehrkosten und weiteren Extrakosten für H₂-Derivat-Terminals/ NH₃-Cracker 3. Gesamtinvestitionen bis 2030 liegen bei ~ 280 Mrd. € 4. Gas-KW bei etwa 44 GW, Biogas-KW bei etwa 14 GW und H₂-KW bei < 1 GW
Quelle: Aurora Energy Research (2024); Analyse BCG und IW

aufbauen, um auch in Phasen mit niedriger Wind- und PV-Verfügbarkeit ausreichende Versorgungssicherheit sicherzustellen (vor allem neue Gaskraftwerke und Energiespeicher, rund 31 Mrd. Euro). Um die industrielle Dekarbonisierung zu unterstützen, ist außerdem der Bau neuer nationaler Infrastrukturen zum Transport von Wasserstoff und von CO₂ erforderlich (~ 15 Mrd. Euro gesamte Investitionskosten). Dieser wohl umfangreichste Umbau des deutschen Energiesystems in der Nachkriegsgeschichte erfordert bis 2030 Mehrinvestitionen in Höhe von insgesamt ~ 410 Mrd. Euro (siehe Abbildung 75). Die aktuellen Planungen der Bundesregierung würden sogar noch höhere Investitionen auslösen. Ein effizienterer Ausbau könnte diese Investitionsbedarfe allerdings reduzieren und den Ausbau damit zu fast 10 % geringeren Kosten realisieren (siehe Abbildung 77).

Um Energiekosten wettbewerbsfähig zu machen, muss der Ausbau des Stromsystems effizient gestaltet, industrielle Verbraucher müssen gezielt entlastet und der günstige und sichere Zugang zu emissionsarmen Molekülen sichergestellt werden.

Deutschland kann bei der Umsetzung der Energiewende Investitionen sparen, wenn Kosteneffizienz stärker in den Fokus des Umbaus rückt. Mit mehreren Hebeln ließen sich gegenüber der aktuellen Planung etwa 5 % bis 10 % Investitionen sparen (siehe Abbildung 77). Zudem sollten geplante Infrastruktur- und Ausbaupfade regelmäßig im Rahmen von Robustheitschecks überprüft und Ziele der tatsächlichen Nachfrageentwicklung angepasst werden, um die Systemkosten der Energiewende möglichst kosteneffizient zu gestalten.

- Eine Priorisierung kostengünstiger Erneuerbarer, vor allem durch eine Priorisierung von Freiflächen gegenüber teurer Aufdachphotovoltaik, würde Erzeugungsinvestitionen senken (Einsparung: 15 Mrd. Euro).¹⁵¹
- Ein kosteneffizienterer Netzausbau – mit einem Einsparpotenzial von rund 20 Mrd. Euro – wäre möglich, wenn Deutschland bei ausgewählten Ausbauvorhaben in einer frühen Planungsphase auf teure Erdkabel verzichtet¹⁵², Anreize zur

¹⁵¹ Aktuell wird ein Anteil von ~ 50 % Freiflächen-PV angestrebt. Die Einsparpotenziale sind mit einem Anteil von ~ 75 % berechnet. Somit würden Dach-PV-Anlagen immer 25 % ausmachen – bei einem jährlichen Zubau von ~ 20 GW also weiterhin ~ 5 GW.

¹⁵² Die Einsparpotenziale beziehen sich auf die Projekte DC40, 41 und 42 (inkl. DC40 Plus und DC42 Plus) von 2024 bis 2030. Außerdem wird angenommen, dass die Realisierung der Projekte mittels Freileitung keine Verzögerung der Fertigstellung in 2037 bedeuten würde – eine solche Verzögerung könnte sich in erhöhte Netzkosten (bspw. durch höhere Redispatch-Kosten) niederschlagen, die neben den Einsparungen beim Bau von Freileitungen zu berücksichtigen sind.

Deutschland muss Investitionen in das Energiesystem durch viele Maßnahmen abfedern

ABBILDUNG 76 | Instrumente für eine wettbewerbsfähige industrielle Energieversorgung

	 Ausbau des Stromsystems kosteneffizienter gestalten	 Gezielt industrielle Strompreise entlasten	 Zugang zu günstigen erneuerbaren Molekülen sichern
Investitionen	Günstige Erneuerbare priorisieren (v. a. bezogen auf Freiflächen-PV)	Entlastungstatbestände verstetigen, vereinfachen & Begünstigtenkreis überprüfen (SPK ¹ etc.)	Inländische H₂-Produktion fördern (z. B. über EU Hydrogen Bank-Auktionen, etc.)
	Netze effizient ausbauen (Erdkabel wo möglich vermeiden, Synchronisation mit EE & Speichern etc.)	Netzentgelte minimieren (staatliche Ko-Finanzierung, Redispatch-Kostenausgleich, Netzkostenreform etc.)	Nationalen und internationalen Derivatzugang ermöglichen (Kernnetz, Terminals, Pipelines etc.)
Systemkosten	Finanzierungskosten im Stromsystem senken (bspw. KfW-Garantien)	Power-to-Heat von Steuern und Umlagen befreien (um Wärmeelektrifizierung ökonomisch zu machen)	Double Sided Auctions für H₂-Derivate (inkl. SAF, Ammoniak etc.) ausweiten und Finanzierung sichern
	Nachfrage flexibilisieren & Erzeugung verstetigen (variable Tarife, Flex.-Märkte, § 19 StromNEV)	Einfache „Klimaschutzverträge“ für Wärme ermöglichen (zur Wärmewendeunterstützung im Mittelstand)	Einsatz nachhaltiger Biomasse systemdienlich priorisieren (Industriesektor, Fernwärme)
	Kapazitätsmarkt für gesicherte Leistung und Systemdienstleistung marktlich beschaffen	Netzanschlusskosten von PtH sozialisieren (v. a. zur Dekarbonisierung im ländlichen Raum)	
	(Infrastruktur-)Ausbaupfade (Stromnetze, H ₂ -Pipelines etc.) regelmäßig überprüfen	Flexibilisierungsanreize setzen (z. B. § 19 StromNEV überarbeiten)	

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Strompreiskompensation
Quelle: Analyse BCG und IW

Verstetigung des Erzeugungsprofils erneuerbarer Energien (zum Beispiel durch die Integration von Speichern) und die Optimierung von EE-Erzeuger-Netzanschlüssen setzt, das verfügbare Potenzial zur Nachfrageflexibilisierung¹⁵³ ausschöpft, geografisch systemdienlicheren Erneuerbaren- und Kapazitätsausbau priorisiert¹⁵⁴ sowie die Vertiefung des EU-Binnenmarkts forciert. Um dem Risiko steigender Netzentgelte zu begegnen – sollte die Stromnachfrage mit dem Netzausbau nicht Schritt halten –, sollte der Ausbau außerdem durch kontinuierliche Robustheitschecks im Blick behalten werden.

- **Senkung der Finanzierungskosten im Stromsystem** durch die umfangreichere Bereitstellung von niedrigverzinstem Eigen- und Fremdkapital. Die Einführung eines Energiewendefonds¹⁵⁵, KfW-Kreditgarantien für Netzbetreiber und beidseitiger Differenzverträge für Ausschreibungen von Erneuerbaren könnten die Finanzierungskosten eines immer kapitalintensiveren Stromsystems erheblich senken. Nur eine Einsparung von einem Prozentpunkt in der Finanzierung aller neuen EE-Anlagen und Stromnetze könnte so in 2030 bis zu rund 6 Mrd. Euro Systemkosten sparen.

Auch jenseits der neuen Investitionen sollte die Politik versuchen, die Kosten des Stromsystems – und damit effektive Strompreise – zu begrenzen. Dafür stehen mehrere große Hebel zur Verfügung.

¹⁵³ Laut Agora Energiewende (2023) können im Falle einer nicht genutzten Flexibilität von privaten Haushalten Kostenrisiken von ~ 5 Mrd. € pro Jahr erwartet werden im Jahr 2035. Trotzdem wird durch steigende Flexibilität – vor allem im Verteilnetz – der Netzausbau deutlich komplexer und teurer. Zum Mehrwert dezentraler Flexibilität siehe auch Neon Neue Energieökonomik (2024).

¹⁵⁴ Ein mögliches Instrument für die Priorisierung geografisch systemdienlicher erneuerbarer Energien und Kapazitätsausbau ist der von Amprion vorgeschlagene Systemmarkt. Dieser soll durch Marktmechanismen systemdienliche Erzeugung und den Ausbau von Kapazitäten fördern. Ein weiteres Instrument ist die sogenannte G-Komponente (Generation-Komponente). Diese beteiligt Stromerzeuger dauerhaft an den Kosten der Netzinfrastruktur. Durch gezielte Kostenanreize kann die geografische Allokation neuer Einspeisungsanlagen optimiert werden. Die Kosten für den notwendigen Netzausbau oder Einsparungen durch vermiedene Investitionen spiegeln sich direkt in den Netzentgelten wider. Einspeiseentgelte werden für jede eingespeiste Energieeinheit erhoben und können regional differenziert werden, um Standortvor- oder -nachteile abzubilden. Ein ähnliches System ist in vielen europäischen Nachbarländern bereits implementiert.

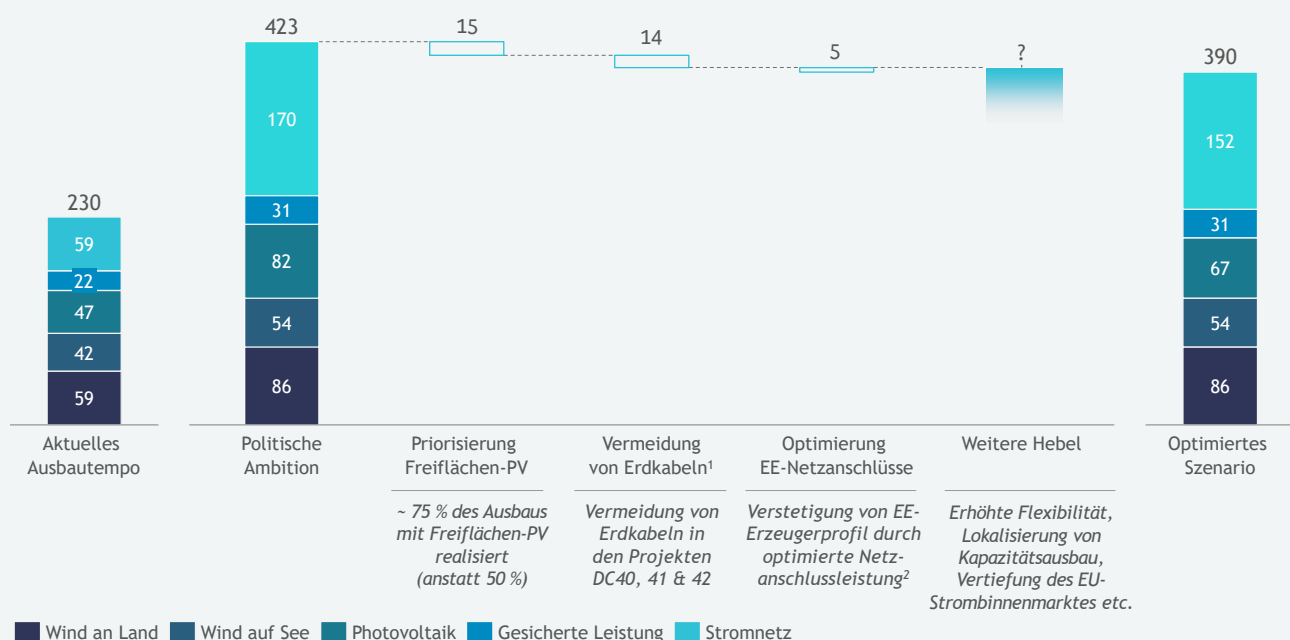
¹⁵⁵ Ein Energiewendefonds kann als Mischfinanzierung aus staatlichen und privaten Mitteln gestaltet werden, um umfangreiche Investitionen in erneuerbare Energien, Netzausbau und Wasserstoffinfrastruktur zu fördern. Ziel ist es, durch steuerliche Anreize und öffentliche Garantien privates Kapital zu mobilisieren und das finanzielle Risiko breit zu streuen. Im Gegensatz zum Klima- und Transformationsfonds (KTF), der hauptsächlich aus staatlichen Mitteln gespeist wird, setzt der EWF auf die Kombination von öffentlichen und privaten Investitionen, um ein attraktives Investitionsumfeld zu schaffen und so auch die Finanzierungskosten zu senken. Siehe dazu auch: BDEW, VKU und Deloitte (2024).

Optimierter Stromsystemausbau spart ~ 35 Mrd. Euro Mehrinvestitionen bis 2030

ABBILDUNG 77 | Kumulierte Mehrinvestitionen in das Stromsystem und mögliche Einsparpotenziale bis 2030

Mehrinvestitionen in das Stromsystem und mögliche Einsparpotenziale bis 2030

(in Mrd. € real 2023)



- Anregung des netzdienlichen Verbrauchs am Strommarkt durch die **Einführung von Flexibilisierungsanreizen**¹⁵⁶ für v. a. neue Stromnachfrager wie Elektrofahrzeuge (inkl. bidirektionales Laden), Power-to-Heat (über Wärmespeicher) und Wärmepumpen sowie die **Sicherstellung ausreichender, gesicherter Leistung** und marktliche Beschaffung von Systemdienstleistungen.¹⁵⁷ Außerdem sollte der avisierte Ausbau von Stromspeichern mit den Ausbaupfaden der Erzeuger und Stromnetze sowie zu erwartenden Netzengpässen synchronisiert werden, um möglichst hohe Synergieeffekte erzielen zu können.
- **Industrielle Strompreise sollten entlastet werden** – besonders für stromintensive Industrien und die Elektrifizierung von Wärmeerzeugung in der Breite.
- **Bestehende Entlastungstatbestände sollten verstetigt, vereinheitlicht und vereinfacht sowie der Begünstigtenkreis überprüft werden.** Industrielle Verbraucher werden bereits durch unterschiedliche Entlastungen unterstützt, um ihre Energiepreise im internationalen Vergleich wettbewerbsfähig zu halten. Angesichts ohnehin höherer Stromkosten sollten zumindest diese Entlastungen längerfristig garantiert werden, um Planungssicherheit für Investitions- und Standortentscheidungen zu gewährleisten (bspw. Unsicherheit bzgl. einer Stromsteuer ab 2026¹⁵⁸ oder zur Verstetigung der Strompreiskompensation für besonders stromintensive Verbraucher). Darüber hinaus sollte der administrative Aufwand durch Vereinheitlichung und Vereinfachung deutlich reduziert werden, um so vor allem auch kleineren Unternehmen die Teilnahme zu ermöglichen¹⁵⁹. Begünstigtenkreise und Entlastungsmechanismen der Instrumente sind vor allem im Kontext der anstehenden Transformation neu zu begutachten. So kann es sinnvoll sein, Prozesse mit erhöhter Stromkostenintensität aufgrund steigender Elektrifizierung und neue, stromintensive Wertschöpfungen (bspw. Batterieproduktion) in die Strompreiskompensation mit aufzunehmen. Auch für die Fortführung weiterer Entlastungstatbestände müs-

sen Lösungen gefunden werden. So hätte zum Beispiel der Wegfall der § 19 StromNEV (2) Satz 1 und 2 große Auswirkungen auf stromintensive Grundlastverbraucher.

- **Entlastungen für elektrisch erzeugte Industriewärme** sollten darüber hinaus zusätzlich eingeführt werden, um diese wettbewerbsfähig mit fossiler Wärmeerzeugung zu machen. Das erfordert eine Befreiung der Power-to-Heat-Anwendungen von Umlagen und Steuern, stärkere Anreize zur Flexibilisierung, die Einführung einfacher und effektiver „Wärme-Klimaschutzverträge“ sowie Unterstützung bei oftmals hohen neuen Netzanschlusskosten, z. B. durch eine Sozialisierung über die regulierte Netzinfrastruktur.
- **Eine fairere Verteilung und teilweise Abfederung von Netzentgelten** zwischen Regionen und Generationen – durch einen bundesweiten Ausgleich von Verteilnetzkosten¹⁶⁰, der Co-Finanzierung weiterer Netzentgelterhöhungen und ggf. der staatlichen Übernahme der Redispatch-Kosten. Des Weiteren sollte die zeitliche Streckung von steigenden Netzkosten aus Infrastrukturvorbau, zum Beispiel mit Hilfe eines Amortisationskontos für Übertragungsnetzentgelte oder andere Instrumente in den Optionenraum mit aufgenommen und politisch diskutiert werden.

Prozessindustrien und auch der Verkehrssektor benötigen Zugang zu wettbewerbsfähigen emissionsarmen Molekülen und Biomasse. Zurzeit entfallen etwa nur 20 % des gesamten Endenergieverbrauchs auf elektrische Energie – der Rest wird über fossile Brennstoffe abgedeckt. Perspektivisch wird dieser Anteil zwar aufgrund der voranschreitenden Elektrifizierung deutlich anwachsen, jedoch können nicht alle Industrie- und Verkehrsprozesse elektrifiziert werden. Vor allem Prozessindustrien wie Stahl, Chemie und Raffinerien, aber auch Warmhalteprozesse in der Metallverarbeitung oder keramische Brennprozesse benötigen für ihre Transformation deswegen die „Molekülwende“, also kostengünstigen und sicheren Zugang zu emissions-

¹⁵⁶ Flexibilisierungsanreize, um eine netzdienliche Bedarfsanpassung beim Konsumenten zu erzeugen, können die Systemkosten minimieren, da Netzengpässe reduziert und so auch die Redispatch-Maßnahmen (Abschalten von günstiger erneuerbarer und Hochfahren teurer fossiler Erzeugung) optimiert werden können. Flexibilität kann durch Hardware (bspw. Smart Meter und smarte Verbraucher), flexible Tarife (bspw. lastabhängige Strompreise und Netzentgelte) beim Endkunden sowie die Ausweitung des Einspeisemanagements auf kleinere PV-Anlagen (<400 kW) angereizt werden. Flexibilisierungsanreize sind gerade aktuell in der Industrie noch in einigen Prozessen begrenzt, insbesondere bei kontinuierlichen Produktionsprozessen (bspw. Hochtemperatur- und Warmhalteprozesse wie in der Glasindustrie).

¹⁵⁷ Beispielsweise im Sinne von Kapazitätsmechanismen zur Vergütung von Netzengpassmanagement.

¹⁵⁸ Ein Beispiel ist die Stromsteuer für die Industrie, die durch das Strompreispaket in 2024 von 1,537 ct/kWh auf 0,05 ct/kWh gesenkt wurde – allerdings vorerst nur bis Ende 2025; eine Verlängerung bis 2028 steht unter Vorbehalt der Gegenfinanzierung.

¹⁵⁹ Anträge auf einzelne Entlastungstatbestände sind sehr umfassend und müssen regelmäßig sehr kurzfristig bearbeitet werden. Die Anträge für unterschiedliche Entlastungstatbestände sind nicht vereinheitlicht, was u. a. Mehraufwand bedeutet. Vor allem für kleinere Unternehmen, bspw. im Mittelstand, ist dieser Bürokratieaufwand teils nicht stemmbar. Hebel sind hier z. B. die deutliche Entschlackung der Anträge, Zusammenlegung und Harmonisierung verschiedener Prozesse sowie eine mehrjährige Entlastungswirkung.

¹⁶⁰ Die Bundesnetzagentur hat einen Festlegungsentwurf zur bundesweiten Verteilung der Netzkosten aus der Integration erneuerbarer Energien vorgelegt, um regionale Unterschiede bei den Netzentgelten auszugleichen und Verteilnetze mit höherem erneuerbaren Energieausbau nicht zu benachteiligen. In betroffenen Regionen könnten die Netzentgelte um bis zu 40 % sinken, wodurch ein durchschnittlicher Haushalt mit 3.500 kWh etwa 200 Euro pro Jahr einsparen würde. Der Preisanstieg für Verbraucher in anderen Regionen wäre im Vergleich gering, mit einer durchschnittlichen Erhöhung von 0,605 Cent/kWh oder etwa 21 Euro pro Jahr. Das dreistufige Modell soll am 1. Januar 2025 in Kraft treten.

armen Molekülen.¹⁶¹ In der Industrie und Fernwärme kann Biomasse zur Dekarbonisierung der Sektoren beitragen. Da gerade diese Industrien aufgrund ohnehin schon hoher Energiepreise unter starkem ökonomischen Druck stehen, sollte die Nutzung dieser Moleküle und Biomasse möglichst wirtschaftlich gemacht werden.

- **Förderung nationaler Wasserstoffproduktion¹⁶²**, um in der Frühphase Wasserstoff zu bezahlbaren Preisen zur Verfügung stellen zu können – zum Beispiel über eigene nationale Tranchen bei Ausschreibungen der European Hydrogen Bank sowie über die in der nationalen Wasserstoffstrategie angekündigte Ausschreibung für systemdienliche Elektrolyse in allen Regionen.
- **Stärkung von Double-Sided Auctions zur Ermöglichung von Importen** emissionsarmer Energieträger wie Wasserstoffderivaten über auktionsbasierte Instrumente wie H2Global – zum Beispiel gegenfinanziert über eine Kraftstoffumlage.
- **Aufbau nationaler und internationaler Wasserstoff-Infrastruktur.** Dazu gehören neben dem Ausbau des inländischen Wasserstoff-Kernetzes der Anschluss an europäische Länder (bspw. Norwegen, Dänemark, Niederlande) und der Kapazitätsausbau von Importterminals sowie Energiepartnerschaften, um den globalen Markthochlauf¹⁶³ und Importe aus erheblich günstigeren Produktionsstandorten zu ermöglichen (Wasserstoff und Derivate). Gleichzeitig sollte eine Überdimensionierung vermieden und eine regelmäßige Überprüfung stattfinden, um einen kosteneffizienten und bedarfsgerechten Auf- und Ausbau zu gewährleisten.
- **Systemdienlichere Nutzung nachhaltiger Biomasse.** Feste Biomasse sollte primär im Industriesektor und in der Fernwärme eingesetzt werden, wo sie für Wärme bis 500 °C effizient nutzbar ist und teure Alternativen ersetzt. Biomasse bietet sich besonders in der Papier-, Zement- und Kalkindustrie an, da dort zukünftig zur Erzeugung negativer Emis-

sionen CCUS-Anlagen aufgebaut und an die notwendige Infrastruktur angeschlossen werden können. Ein weiterer Anwendungsfall für Biomasse ist die Erzeugung von negativen Emissionen oder die Abscheidung von Kohlenstoff zur weiteren Nutzung im Rahmen von BECCUS.¹⁶⁴ Zusätzlich könnte eine Eigennutzung von Biomassereststoffen in der Zuckerindustrie nützlich sein, solange die noch unzureichende Stromnetzanbindung den häufig ländlich gelegenen Fabriken die Elektrifizierung erschwert.

Auch der Schiffs- und Luftverkehr benötigt Zugang zu CO₂-armen Molekülen.¹⁶⁵ Neben der Maximierung der Energieeffizienz und der Optimierung des Flugbetriebs ist der Hochlauf von SAF (Sustainable Aviation Fuels) der zentrale Baustein zur Dekarbonisierung des Luftverkehrs. In der Schifffahrt werden v. a. emissionsarmes Ammoniak und Methanol benötigt. Um ausreichenden Zugang sicherzustellen, ist es nötig, CO₂-Infrastruktur, Abscheidungskapazitäten und erneuerbare Energien beschleunigt auszubauen sowie Importterminalkapazitäten für CO₂-arme Moleküle zu erhöhen (siehe Kapitel 5.1.2).¹⁶⁶ Im Luftverkehr könnte die Einführung einer zweckgebundenen Flugticketumlage die Finanzierung des SAF-Hochlaufs unterstützen (siehe Exkurs Raffinerien).

5.1.2 Die Transformation erfordert ein enormes Infrastrukturprogramm

Deutschland benötigt die größte Infrastrukturoffensive seit Jahrzehnten. Die Klimatransformation erfordert erhebliche Investitionen in den Umbau der deutschen Energieinfrastruktur – den Ausbau von Stromnetzen und Erneuerbaren, den Aufbau einer flächendeckenden Lade- und H₂-Tankinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie neue Transportinfrastrukturen für Wasserstoff und CO₂. Die anstehende KI-Revolution erfordert eine erhebliche Beschleunigung des Ausbaus digitaler Infrastrukturen (siehe Kapitel 5.1.3). Gleichzeitig muss Deutschland einen erheblichen Investitionsstau in seiner Verkehrsinfrastruktur aufholen – vor allem in der

¹⁶¹ Die EU arbeitet bereits an konkreten Zielen für die Nutzung klimaneutraler Moleküle. Im Rahmen des Fit-for-55-Pakets wurde für die Industrie festgelegt, dass bis 2030 etwa 42 % des stofflich und energetisch genutzten Wasserstoffs in der Industrie erneuerbar sein müssen. Diese RED-II-Richtlinie wurde auf EU-Ebene bereits verabschiedet und muss von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden.

¹⁶² Wie beschrieben kann die Reduktion eigener Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse kostenseitig sinnvoll sein. Jedoch muss ein initialer Hochlauf von Produktionskapazitäten sichergestellt werden, um einerseits gerade zu Beginn der Wasserstoffwirtschaft Bedarfe decken (bspw. für H₂-DRI-Stahlanwendungen) und andererseits auch den heimischen Produktionskapazitäten von Elektrolyseuren einen erfolgreichen Eintritt in den Markt bieten zu können (siehe Kapitel 5.3.1).

¹⁶³ Ein schnellerer globaler Markthochlauf kann Wachstumspotenziale deutscher Maschinen- und Anlagenbauer im Wasserstoffsektor erhöhen (siehe Kapitel 5.3.1.).

¹⁶⁴ Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung.

¹⁶⁵ Für den Verkehr wurden im Rahmen des Fit-for-55-Pakets Richtwerte festgelegt: Mindestanteil von 29 % erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor oder eine Reduzierung der Treibhausgase bis 2030 um mindestens 14,5 % und RFNBO-Mindestanteil von 1 % (RED III). Darüber hinaus wurden für den See- und Luftverkehr Ziele gesetzt: Reduktion der Treibhausgasintensität für den Schifffahrtssektor um 6 % bis 2030 (FuelEU Maritime) und eine exponentiell steigende SAF-Quote (Sustainable Aviation Fuels) für den Luftverkehr im Jahr 2030 von 5 %, davon ab 2030 eine steigende Unterquote für RFNBO von 1,2 % (ReFuelEU Aviation).

¹⁶⁶ Die EU-Beimischungsverpflichtungen für nachhaltige Kraftstoffe im Luft- und Seeverkehr resultieren gleichzeitig in erhöhten Kostenbelastungen für europäische Fluggesellschaften und Reeder im internationalen Wettbewerb. Dies kann die Wettbewerbsfähigkeit bedrohen und zu einem Abfluss von Investitionsmitteln, die für Klimaschutzmaßnahmen benötigt werden sowie Unsicherheit bei Produzenten nachhaltiger Kraftstoffe führen.

Modernisierung seines Schienennetzes, von Brücken und Bundeswasserstraßen.¹⁶⁷ Insgesamt erfordern Umbau und Modernisierung der deutschen Infrastrukturen – neben den in Kapitel 5.1.1 bereits erwähnten ~ 167 Mrd. Euro für Strom-, H₂- und CO₂-Netze – bis 2030 Mehrinvestitionen in Höhe von rund 164 Mrd. Euro (siehe Abbildung 78). Zu deren Mobilisierung bedarf es umfangreicher staatlicher Investitionen sowie regulatorischer Anreize.

- **Für einen erfolgreichen Ausbau von Stromnetzen und Erneuerbaren** wurden in den letzten Jahren bereits sehr ambitionierte Gesetzespakete auf den Weg gebracht. Um diese auch umzusetzen, sollten Genehmigungsverfahren weiter vereinfacht werden.¹⁷⁸ Zur Erhöhung der Flächenverfügbarkeit müssen auf Landesebene Abstandsregelungen reduziert und das 2%-Ziel im WindBG (Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergie-

anlagen an Land) zügig umgesetzt werden. Parallel würde eine stärkere Nutzung von Genossenschaften, Bürgerwindparks und anderen Formen sowohl kommunaler als auch direkter finanzieller Beteiligung der Anwohner zu einer stärkeren Akzeptanz beitragen.¹⁶⁹

- **Um den Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes voranzutreiben**, sollte die Bundesnetzagentur die Anträge der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) unter Einhaltung der gesetzlichen Fristen zügig bearbeiten. Damit die Industrie rechtzeitig mit grünen Molekülen versorgt werden kann, sollten Bundesregierung und Bundesnetzagentur alles daransetzen, dass ein Baubeginn des Wasserstoff-Kernnetzes wie geplant in 2025 erfolgen kann. Sollte sich abzeichnen, dass die Finanzierungsbedingungen nicht ausreichen, um private Investitionen seitens der FNB auszulösen, muss eine Anpassung (z. B. eine

¹⁶⁷ Diese Studie betrachtet im Folgenden die Verkehrsinfrastrukturen des Bundes und berücksichtigt nicht kommunale Infrastrukturen. Externe Studien zeigen auch bei kommunalen Verkehrsinfrastrukturen Investitionsrückstände, die das KfW-Kommunalpanel 2024 auf 48 Mrd. Euro beziffert (siehe KfW [2024]).

¹⁶⁸ Beispielsweise durch Schnellverfahren für geringfügige Änderungen in der Umweltprüfung, einheitliche Antragsanforderungen in allen Bundesländern, Begrenzung von Fristverlängerungen und Ausnahmeregelungen für Maßnahmen wie Windkraft-Repowering. Beim Verteilnetzausbau sollte zudem das Potenzial von Sektorkopplung (z. B. von Gebäuden und Verkehr/Ladeinfrastruktur) stärker genutzt und die sektorenübergreifende Koordination verbessert werden. So könnte z. B. durch Nutzung einer digitalen Gebäudedatenbank und von Smart-Meter-Daten eine Priorisierung beim Verteilnetzausbau vorgenommen werden.

¹⁶⁹ Derartige Formen der finanziellen Beteiligung sind in der EEG-Novelle 2023 bereits vorgesehen und in einigen Bundesländern im Rahmen von Beteiligungsgesetzen schon umgesetzt oder zumindest geplant.

Die Modernisierung deutscher Verkehrsinfrastrukturen erfordert ~ 165 Mrd. Euro bis 2030

ABBILDUNG 78 | Kumulierte Mehrinvestitionen in Verkehrsinfrastrukturmodernisierung & -ausbau 2024 – 2030

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030
(in Mrd. € real 2023)



1. Basierend auf Netzzustandsbericht 2023 der DB InfraGO und Pressemitteilungen. Investitionsstau im Netzzustandsbericht bis 2027 angenommen, mit konstanter Fortschreibung der jährlich benötigten Investitionen bis 2030 2. Bundesautobahnen und Bundesstraßen, exkl. kommunaler Straßeninfrastruktur 3. Gegenüber durchschnittlichen historischen Ausgaben
Quelle: Analyse BCG und IW

Deutschland braucht ein Beschleunigungsprogramm zur Modernisierung der Infrastruktur

ABBILDUNG 79 | Instrumente für den Ausbau und die Modernisierung der Infrastruktur

 Strom & Erneuerbare	 H₂-Infrastruktur	 CO₂-Infrastruktur	 Verkehr (Straße, Schiene, Wasser)	 E-/H₂-Ladeinfrastruktur
Genehmigungsverfahren vereinheitlichen & beschleunigen (z. B. Schnellverfahren Windkraft-Repowering, Ländervereinheitlichung für Anträge)	Fristgerechte Bearbeitung der FNB-Anträge durch Bundesnetzagentur	Carbon-Management-Strategie und Netzentwicklungsplan entwickeln und CO₂-Infrastruktur beschleunigt aufbauen	Mehrjährige Finanzierungsverpflichtungen für Kapazitätszubau¹ & Modernisierung¹ tätigen	Instrumente zur Beschleunigung aus Masterplan Ladeinfrastruktur II konsequent und zügig umsetzen & Zielsetzung schärfen
Flächenverfügbarkeit für EE erhöhen (durch beschleunigte Umsetzung von 2 %-Ziel auf Landesebene)	Baubeginn des Wasserstoff-Kernetzes in 2025 ermöglichen	Rechtlichen Rahmen zur Ermöglichung von CO₂-Transport und -Speicherung anpassen (v. a. KSpG, EnWG)	Bauprozesse durch Rechtsanpassungen beschleunigen¹ (v. a. Vergaberecht, Abschaffung von Baubarrieren)	Startinfrastruktur für Nutzfahrzeuge aufbauen (Hochleistungsladenetz & H ₂ -Tankstellen)
Akzeptanz für EE- und Stromnetzausbau steigern (z. B. durch mehr Bürgerwindparks & klare Prozesseinbindung)	Potenzielles Selbstbehaltungsrisiko von Netzbetreibern reduzieren (Bei „No-Regret“-Pipeline-Abschnitten, um Risiko bei Nachfrageausfall abzufedern)	Anreize für CCUS schaffen (v. a. CCFDs für Abscheidungs-OPEX und Regulated Asset Base für Infrastruktur)	Digitalisierung von Verkehrsinfrastruktur offensiv vorantreiben (ETCS, autonomes Fahren etc.)	Förderungen für Ausbau von Ladeinfrastruktur verstetigen und gezielt ausbauen (insbesondere für Nutzfahrzeuge)

Siehe Handlungsfeld „Verfahren beschleunigen und Bürokratie abbauen“

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Für alle Verkehrswege, Kapazitätszubau insbesondere für Schiene
Quelle: Analyse BCG und IW

Senkung des Selbstbehalts von aktuell 24 %) erneut überprüft werden. Da eine Mehrheit der Industriekunden ihr Gas über das Verteilnetz bezieht, muss auch hier zeitnah der regulatorische Rahmen für eine Umstellung auf H₂ geschaffen werden.¹⁷⁰

- **Damit auf die beschlossenen Eckpunkte der Carbon-Management-Strategie auch der schnelle Aufbau einer nationalen CO₂-Infrastruktur folgt**, sollten zeitnah Richtungsentscheidungen über die Ermöglichung von CO₂-Speicherung an Land¹⁷¹ und den zukünftigen Nutzerkreis getroffen werden, da beides erhebliche Auswirkungen auf die Auslegung der Infrastruktur hat. Aus Kostensicht wäre eine Lösung mit Speicherung an Land und einer größeren Zahl an Nutzern der Infrastruktur erheblich günstiger (mit rund 50 % geringeren Kosten für Transport und Speicherung durch Speicherung

an Land und weiteren 15 % Einsparungspotenzial durch mehr Nutzer, siehe Abbildung 80); sie könnte die Kosten der Dekarbonisierung in einer Reihe von Sektoren reduzieren (siehe Kapitel 5.2.2). Gleichzeitig sollte ein kosteneffizienter Netzentwicklungsplan erarbeitet werden, um den Aufbau in Form einer regulierten Infrastruktur zu ermöglichen (siehe Abbildung 81 für ein illustratives Kernnetz).¹⁷² Um den Export von CO₂ zu Speicherstätten anderer Länder zu ermöglichen, muss Deutschland die entsprechenden Änderungen des Londoner Protokolls zeitnah ratifizieren und die EU das in der Industrial-Carbon-Management-Strategie angekündigte Regulierungspaket für den grenzüberschreitenden CO₂-Transport entwickeln. Außerdem müssen bereits angekündigte Änderungen im Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSpG) und im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) umgesetzt werden, die den rechtlichen Rahmen einer zukünftigen CO₂-Ein-

¹⁷⁰ Hierzu hat das BMWK bereits ein erstes „Green Paper“ veröffentlicht (siehe BMWK [2024c]).

¹⁷¹ Untersuchungen zeigen, dass das Potenzial für Onshore-Speicherung in tief liegenden, salzwasserführenden Gesteinsschichten (Aquiferen) in Deutschland, insbesondere in Norddeutschland, höher ist als für Offshore-Speicherung. Mit geschätzten Kosten von etwa 10 – 20 €/t CO₂ wäre eine solche Lösung gegenüber der aktuell präferierten Offshore-Speicherung mit 50 – 60 €/t CO₂ erheblich günstiger. Eine solche Lösung würde die Wettbewerbsfähigkeit von CCS-Nutzern (z. B. der Zementbranche) gegenüber europäischen Nachbarländern deutlich verbessern (siehe Kapitel 4.2). Im Kohlendioxid-Speicherungsgesetz ist eine Opt-in-Klausel für Onshore-Speicherung durch die Länder bereits enthalten.

¹⁷² Zur Absicherung der Investitionsrisiken für den Infrastrukturaufbau sollten ähnliche Instrumente wie für den Aufbau des Wasserstoff-Kernetzes genutzt werden – v. a. ein Regulated-Asset-Base-Modell und ein Amortisationskonto zur Begrenzung des Investitionsrisikos für Netzbetreiber und der Netzentgelte für frühe Nutzer der Infrastruktur.

speisung durch Emittenten definieren. Dies ist auch erforderlich, um die notwendigen Rahmenbedingungen für eine zirkuläre Kohlenstoffwirtschaft durch Carbon Capture and Utilization (CCU) zu schaffen. Schließlich ist es insbesondere beim Thema Onshore-Speicherung unabdingbar, die Akzeptanz der Bevölkerung für CCS- und CCU-Technologien durch transparente Kommunikation und Aufklärung zu steigern.

- **Um den flächendeckenden Ausbau der Ladeinfrastruktur voranzutreiben**, bietet der „Masterplan Ladeinfrastruktur II“ bereits eine solide Grundlage für den Hochlauf von Pkw-Ladepunkten. Diese Maßnahmen gilt es beschleunigt umzusetzen und fehlende Instrumente zu konkretisieren.¹⁷³ Um den Ausbau zielgerichteter zu gestalten, sollte der Fokus stärker auf der angestrebten Ladeleistung und Flächenabdeckung liegen anstatt ausschließlich auf der aktuellen Zielsetzung von einer Million öffentlichen Ladepunkten. Für schwere Nutzfahrzeuge ist

der Masterplan noch unzureichend. Hier sollte so schnell wie möglich eine Startinfrastruktur aus dem Initialnetz, ergänzenden Hochleistungsladernetzen, betrieblicher Ladeinfrastruktur und Wasserstofftankstellen beplant und ausgebaut werden. Um angesichts des angestrebten steilen Hochlaufs der Elektromobilität Infrastruktur möglichst vorzubauen, sollten finanzielle Förderungen verstetigt und auch für Infrastruktur im nicht öffentlichen Raum, z. B. für das Depotladen bei Nutzfahrzeugen, wieder aufgenommen werden.

- **Um den Investitionsstau in Deutschlands Verkehrsinfrastrukturen zu überwinden, bedarf es einer Investitionsoffensive** in Schienen, Bundesfernstraßen, Brücken und Wasserstraßen (rund 115 Mrd. Euro zusätzliche Investitionen bis 2030).¹⁷⁴ Dafür sollten mehrjährige Finanzierungsverpflichtungen für die Modernisierung und den Kapazitätsausbau bereitgestellt und das Vergaberecht für Infrastrukturbau reformiert werden, um

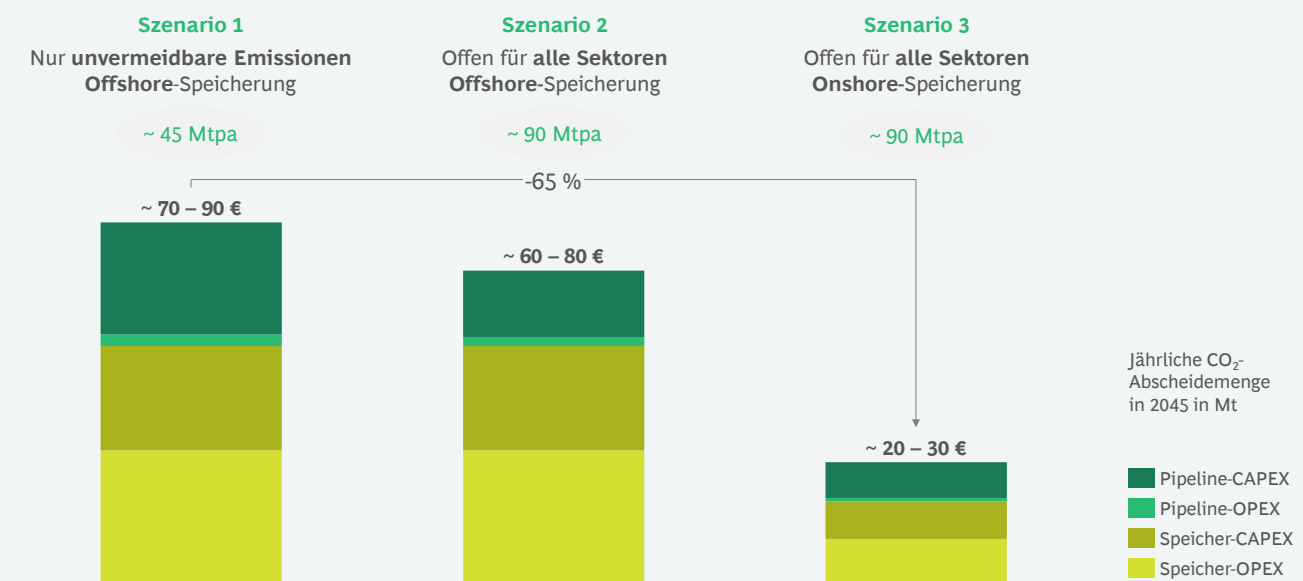
¹⁷³ Der Masterplan Ladeinfrastruktur II enthält zentrale Instrumente wie die Erhöhung verfügbarer Flächen, schnellere Genehmigungsverfahren, verstärkte inländische und europäische Kooperationen, Digitalisierung und die Integration mit Stromsystemen, verbindliche Fristen beim Netzanchluss und Regelungen für bidirektionales Laden. Diese Maßnahmen sind aber teilweise nur als Prüfaufträge formuliert; es gilt daher, sie schnellstmöglich in konkrete Instrumente umzusetzen. Es kommt hinzu, dass die Umsetzung weit hinter dem ursprünglichen Zeitplan zurückliegt. Mit Blick auf die Flächenverfügbarkeit fehlt zusätzlich noch völlig ein wirksames Instrument, das die Verantwortung der Bundesländer und Kommunen adressiert.

¹⁷⁴ Diese Studie betrachtet die Infrastruktur des Bundes und berücksichtigt nicht kommunale Infrastrukturen.

Eine Priorisierung von Onshore-Speicherung würde CCS wirtschaftlicher machen

ABBILDUNG 80 | Spezifische CO₂-Infrastrukturkosten in drei verschiedenen CCS-Szenarien

Spezifische Kosten für CO₂-Transport und -Speicherung in verschiedenen Infrastrukturszenarien (in €/t CO₂)



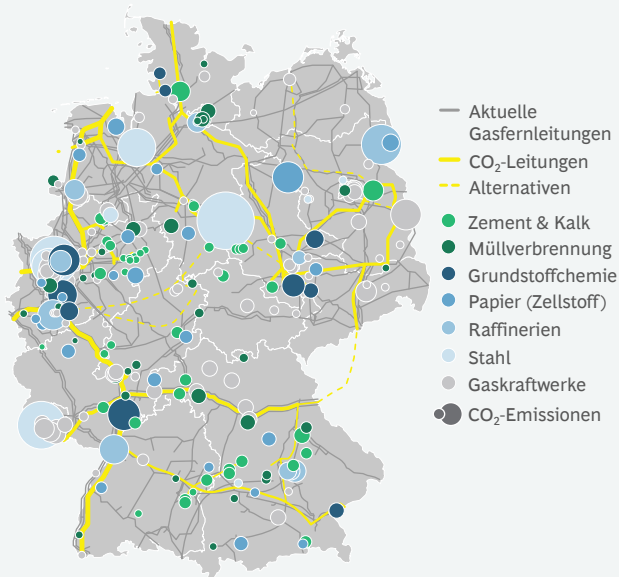
Hinweis: Ausschließlich Kosten für CO₂-Kernnetz inkludiert, Anschlusskosten der Emittenten an das Kernnetz nicht dargestellt; Speicherkosten basierend auf Tarifen aktueller CO₂-Speicherprojekte, Kostensenkung bis 2045 möglich; biogene Emissionen in Szenarien inkludiert (BECCS); Szenario 1 inkludiert unvermeidbare Prozessemissionen in 2045 aus den Sektoren Zement, Kalk und Müllverbrennung; Szenario 2 und 3 inkludieren zusätzlich Emissionen aus Grundstoffchemie, Papier/Zellstoff, Stahl und Gaskraftwerken
Quelle: BCG Pipeline Regression Model; VDZ (2023); IEA (2022); Zero Emission Platform (ZEP); Xodus Group; Porthos; Aramis; Northern Lights; Teesside; Experteninterviews; Analyse BCG und IW

CO₂-Abscheidung und -Speicherung: Mögliche Quellen und Senken in Deutschland

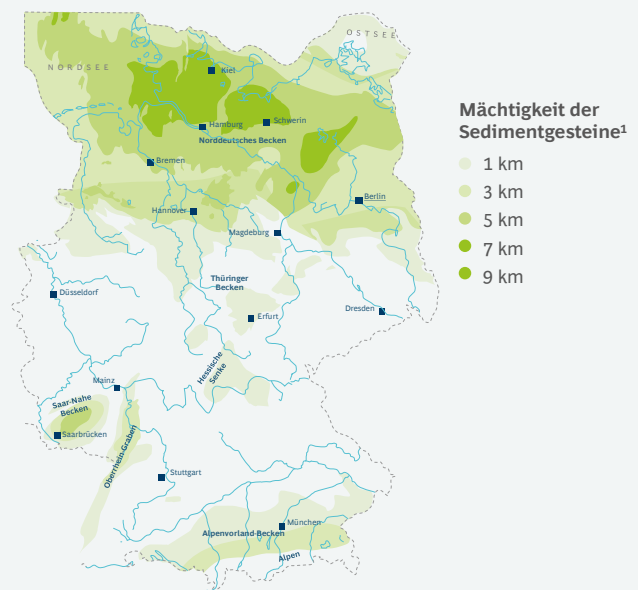
ABBILDUNG 81 | CO₂-Emittenten, mögliche Pipelineführung sowie Speicherungspotenziale in Deutschland

Illustrativ

Möglicher Verlauf von CO₂-Pipelines in Deutschland entlang beispielhafter Emittenten



Gesteinsinformationen mit möglichen CO₂-Speicherungspotenzialen in Deutschland



1. Tief liegende und salzwasserführende Speichergesteine (Aquiferen);
Hinweis: Anschluss von Grundstoffchemie, Gaskraftwerken und Stahl an CO₂-Netzwerk in Deutschland in Diskussion
Quelle: VDZ; Koordinierungsbüro Geotechnologien Potsdam; BV Kalk; ITAD; OGE; bayernets; CapTransCO₂; Analyse BCG und IW

eine agilere und effizientere Vergabe zu ermöglichen.¹⁷⁵ Zur Erhöhung der Effizienz sollte in allen Verkehrsinfrastrukturen die Digitalisierung vorangetrieben werden.¹⁷⁶ Zudem sollte der Fokus auf präventive Instandhaltung erhöht werden, um den Infrastrukturverschleiß zu reduzieren. Vakante Bauingenieursstellen in Behörden und bei Infrastrukturunternehmen sollten durch bessere Anreizstrukturen und schnellere Rekrutierungsprozesse bestmöglich besetzt werden.

5.1.3 Deutschland braucht eine Digitalisierungsoffensive

Deutschland ist auf die bevorstehende KI-Revolution nicht ausreichend vorbereitet. Digitalisierung und künstliche Intelligenz (KI) können enorme Wertschöpfungspotenziale in allen Sektoren erschließen. Deutschland ist aber derzeit nicht hinreichend gut positioniert, um die damit verbundenen Chancen zu nutzen. Die digitale Infrastruktur genügt nicht (mehr) höchsten

Ansprüchen. Zwar ist Deutschland in etablierten Technologien wie 5G und VDSL-Breitband gut aufgestellt, bei der immer wichtiger werdenden Glasfaserabdeckung fällt es jedoch weit hinter andere Länder zurück (siehe Kapitel 1.3.4). Auch zu 6G müssen perspektivisch Konzepte entwickelt werden. Zudem gibt es beim Aufbau digitaler Kompetenzen und Innovation immer mehr Aufholbedarf; Unternehmen fehlen wichtige Grundlagen zum sicheren Datenaustausch, und die Digitalisierung des öffentlichen Sektors und der Gesundheitsversorgung hinkt weit hinter anderen Ländern hinterher. Um digitale Wachstumspotenziale entlang aller Sektoren heben zu können – von digitalisierten Energienetzen über KI-gestützte Automatisierung und (I)IoT in der Industrieproduktion bis hin zur Digitalisierung von Schiene und Straßen –, muss sich Deutschland in der Breite digitaler aufstellen und besser auf die Nutzung von KI vorbereiten.

Deutschland muss zu einem „digitalen Champion“ werden – mit einer umfassenden Digitalisierungs- und KI-Offensive, die Infrastruktur, Forschung und Bildung

¹⁷⁵ Auch hier sollte eine erhebliche Beschleunigung von Genehmigungsverfahren angestrebt werden, um Bauzeiten zu reduzieren (siehe Kapitel 5.1.4).

¹⁷⁶ Allein eine flächendeckende Auslegung des European Train Control System (ETCS) und des Future Railways Mobile Communication System (FRMCS) könnte Effizienz und Kapazität der Schiene um etwa 30 % steigern.

sowie Anwendungsgrundlagen im öffentlichen und privaten Sektor schafft. Dazu sind Mehrinvestitionen von rund 90 Mrd. Euro bis 2030 erforderlich, vor allem für den beschleunigten Ausbau von Glasfasernetzen.

- **Deutschland muss in der digitalen Infrastruktur zur Weltspitze aufschließen.** Anknüpfend an die Gigabit-Strategie der Bundesregierung sollte vor allem der Ausbau der Glasfaserinfrastruktur deutlich beschleunigt werden.¹⁷⁷ Laut einer Potenzialanalyse des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr können 91 % der Glasfaseranschlüsse eigenwirtschaftlich durch private Netzanbieter bereit-

gestellt werden.¹⁷⁸ Um diesen Hochlauf regulatorisch anzureizen, müssen Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigt sowie günstigere Verlegungsmethoden wie Micro-Trenching, d. h. die geringere Verlegetiefe von Glasfasernetzen, ermöglicht werden.¹⁷⁹ Um einen stärkeren Ausbau in der Breite sicherzustellen, sollte außerdem die Förderung des Glasfaserausbaus in ländlichen Regionen fortgesetzt werden. Insgesamt könnte sich Deutschland dadurch mit einer Netzabdeckung von bis zu 97 % bis 2030 an die europäische Spitze setzen.¹⁸⁰ Auch das 5G-Netz muss weiter ausgebaut werden, um in 2030 99 % der Fläche mit

¹⁷⁷ Derzeit überwiegen in Deutschland nach wie vor Kabel- oder VDSL-Verbindungen sowie HFC-Netze (Hybrid-Fiber-Coax), die als Mix aus Glasfaser- und Koaxialkabeln aus Kabelfernsehtzen entstanden sind. Langfristig werden sie bei ansteigenden Datenvolumen nicht ausreichen; daher sollte ein Umstieg auf reine Glasfasernetze jetzt vorangebracht werden.

¹⁷⁸ BMDV 2023.

¹⁷⁹ Über die finanzielle Förderung für nicht eigenwirtschaftlich erschließbare Regionen hinaus sind keine weiteren Förderungen durch die öffentliche Hand erforderlich; diese werden von der Branche selbst mittlerweile als Verlangsamungsrisiko abgelehnt. So fordert Bitkom die Begrenzung der Gigabit-Förderung in den Jahren 2024 bis 2026 auf 1 Mrd. € pro Jahr für ländliche bzw. schwer zu erschließende Regionen. Der verbleibende Teil des Glasfasernetzes könne eigenwirtschaftlich durch die Netzbetreiber getragen werden (siehe Presseinformation Bitkom zum Update des Gigabit-Grundbuchs, 14. Dezember 2023). Die Herausforderung des Doppelausbaus in manchen Regionen sollte dabei weiter durch die Bundesnetzagentur im Blick gehalten werden. So kündigen in wirtschaftlich besonders attraktiven Gebieten teilweise mehrere Unternehmen den parallelen Ausbau von Glasfasernetzen an. Grundsätzlich kann dies den Wettbewerb und die Preisbildung für die Kunden positiv anregen und ist bei einer faktischen Umsetzung des Doppelausbaus nicht per se problematisch. Jedoch muss weiter sichergestellt werden, dass es dabei nicht zu wettbewerbswidrigem Verhalten kommt, z. B. der Ankündigung eines Doppelausbaus ohne konkrete Umsetzungspläne, um konkurrierende Unternehmen zur Änderung der Ausbauprioritäten zu bewegen. Dieses Vorgehen behindert den faktischen Ausbau von Glasfasernetzen und bindet übermäßige Behördenkapazitäten für Genehmigungsverfahren.

¹⁸⁰ Perspektivisch sollte die Abschaltung des VDSL-Netzes mit Blick auf hohe Instandhaltungskosten und Anstieg der Glasfasernachfrage erwogen werden.

Deutschland braucht eine nationale Offensive für Digitalisierung und KI

ABBILDUNG 82 | Instrumente für die Digitalisierungsoffensive

 Deutschland in der Breite digitaler aufstellen		 Nationale KI-Offensive aufbauen	
Ausbau digitaler Infrastruktur	Stärkung digitaler Bildung & Kompetenzentwicklung	Vereinfachter & sicherer Datenaustausch	Umsetzung nationaler KI-Offensive
Flächendeckend Gigabit-Versorgung ausbauen (Glasfaser, 5G, 6G)	Digitale Bildung in Schulen stärken (z. B. digitale Lehrpläne, Makerspaces)	Cybersicherheit stärken (z. B. Kommunen zur Umsetzung von NIS 2 verpflichtet)	Universitäre KI-Forschung & Ausbildung für Fachkräfteaufbau stärken
Hürden für Ausbau digitaler Infrastruktur abbauen (z. B. Kabeltiefe, langsame Bürokratie)	IT-Weiterbildung in Unternehmen anreizen (z. B. steuerliche Vorteile)	Rechtssicherheit für Nutzung von Daten erhöhen (u. a. bei Datenschutz)	Spezifische Förderungen für KMU im KI-Bereich stärken (z. B. durch IGF, ZIM) ¹
Unterstützung digitaler Innovation	Beschleunigte Digitalisierung des öffentlichen Sektors	Sektorale Datenräume und Interoperabilität stärken (z. B. European Data Spaces)	KI-Ausgründungen fördern (z. B. durch INVEST-Förderung) ¹
Wissenstransfer zwischen Forschung & Wirtschaft stärken (z. B. DATI, SPRIND) ¹	Onlinezugangsgesetz (OZG) bis Ende 2026 umsetzen		Nationale KI-Recheninfrastruktur für Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft ausbauen
Digitale private F&E-Investitionen anreizen (z. B. Superabschreibung) ¹	Registermodernisierung und Once-only-Datenerfassung beschleunigen		KI-Strategien der Ministerien konkretisieren und bündeln
Forschung in Schlüsseltechnologien priorisieren ¹ (z. B. Quantencomputing)	KI-Einsatz in der öffentlichen Verwaltung ermöglichen		Internationale KI-Fachkräfte ² anwerben (z. B. Schengen-Visa-Kriterien anpassen)

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Vertiefung in Kapitel 5.3.2 2. Vertiefung in Kapitel 5.1.5
Quelle: Analyse BCG und IW

700-MHz-Frequenzen für die Grundversorgung und Gebäudedurchdringung sowie mindestens 75 % der Fläche mit 3,6-GHz-Frequenz für hohe Datenraten in Ballungsräumen zu versorgen.¹⁸¹

- **Deutschland sollte digitale Bildung und Kompetenzentwicklung stärken.** Dafür sollte schnell eine Fortsetzung des auslaufenden Digitalpakts zwischen Bund und Ländern auf den Weg gebracht werden. Außerdem sollten E-Learning-Plattformen und digitale Bildungsressourcen ausgebaut, digitale Kompetenzen weiter in Lehrpläne integriert, Lehrkräfte geschult und außerschulische Modellprojekte und Makerspaces stärker mit Schulen vernetzt werden.
- **Deutschland sollte digitale Innovation stärker unterstützen.** Dafür sollte der Transfer von Grundlagenforschung in die Praxis mittels der Bundesagentur für Sprunginnovationen weiter gestärkt werden (siehe Kapitel 5.3.2). Außerdem sollte im Zusammenwirken mit der Industrie ein abgestimmtes Konzept für die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) entwickelt und anschließend

konsequent umgesetzt werden. Superabschreibungsregelungen für Investitionen in digitale Forschung und Entwicklung, insbesondere in Recheninfrastrukturen für Large Language Models (LLMs), können Unternehmen zu mehr Innovation anregen. Zudem sollten Förderungen für digitale Schlüsseltechnologien wie Quantencomputing an Universitäten beibehalten werden.

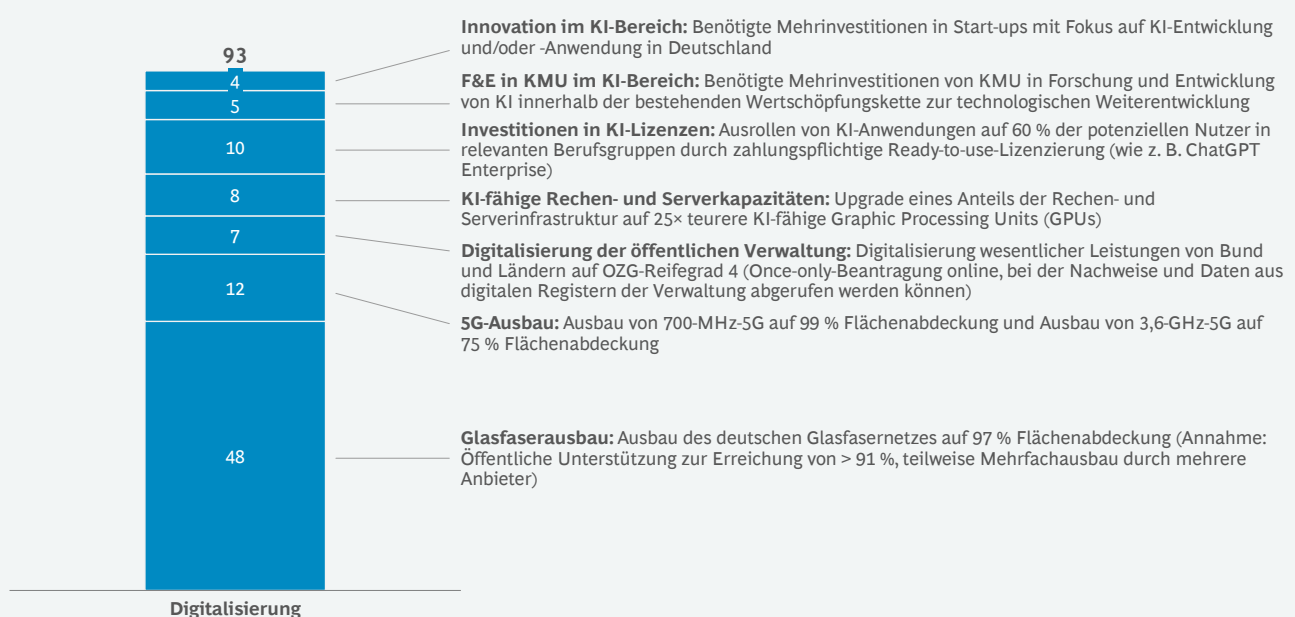
- **Datenaustausch muss sicherer und einfacher werden.** Das erfordert einerseits die Stärkung von Cybericherheit, u. a. durch die Umsetzung des EU Cyber Resilience Act, die Umsetzung von NIS 2 auch in Kommunen sowie den Ausbau von digitalen Kompetenzen, da Cyberangriffe meist auf die menschliche Komponente der Beschäftigten abzielen. Darüber hinaus muss der Datenaustausch vereinfacht werden.
- **Passende Kooperationspartner zu finden, Rechtssicherheit und Datensouveränität zu gewährleisten,** sind Herausforderungen beim Teilen von Daten, die durch Unternehmen oft nicht allein zu meistern sind. Außerdem sollten die gesetzlichen Rahmen-

¹⁸¹ Das 5G-Netz in Deutschland hat derzeit eine theoretische Abdeckung von 92 %, nutzt jedoch meist geteilte Frequenzbänder mit 4G-Frequenzen (Dynamic Spectrum Sharing), wodurch es keine deutlich höheren Geschwindigkeiten als 4G bietet. Die schnelle 3,6-GHz-Frequenz deckt aktuell nur 36 % der Fläche ab. Das 5G-Netz wird fragmentiert bleiben, da verschiedene Frequenzbänder für verschiedene Standorte den höchsten Nutzen bieten. Der Ausbau von Glasfaser und 5G ist eng miteinander verbunden, da oft ein Glasfaseranschluss für 5G-Sendemasten benötigt wird.

Deutschland sollte bis 2030 ~ 90 Mrd. Euro zusätzlich in Digitalisierung investieren

ABBILDUNG 83 | Kumulierte Mehrinvestitionen in Digitalisierung (2024 – 2030)

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030 (in Mrd. € real 2023)



Quelle: Analyse BCG und IW

bedingungen, wo dies möglich ist, angepasst und Unterstützung bei der rechtssicheren Anonymisierung von Daten bereitgestellt werden, um Unternehmen den Umgang mit Daten zu erleichtern und gleichzeitig den Datenschutz zu gewährleisten. Hierfür ist eine klare und einheitliche Auslegung der DSGVO dringend notwendig. Ebenso sollten durch die Politik sektorale Datenräume und Dateninfrastrukturen auf europäischer und nationaler Ebene (z. B. die Nationale Forschungsdateninfrastruktur [NFDI]) weiterhin unterstützt und europaweite Interoperabilität sichergestellt werden.

- **Deutschland braucht eine nationale KI-Offensive in allen Sektoren.** Dies erfordert eine ambitioniertere öffentliche KI-Strategie und den Aufbau stärkerer KI-fähiger Infrastruktur (Supercomputer, GPU-Serverkapazitäten u. a.). Investitionen in KI-fokussierte Start-ups sollten unterstützt werden. Zusätzlich sollten zügig mehr KI-Lehrstühle und Stipendienprogramme an Universitäten eingerichtet werden, als derzeit in der KI-Strategie vorgesehen ist, um den Fachkräfteaufbau zu fördern. Mit einer Anpassung der Schengen-Visa-Kriterien für internationale KI-Fachkräfte könnte Deutschland außerdem den Zugang zu qualifizierten ausländischen Talenten erleichtern (siehe Kapitel 5.1.5). Darüber hinaus müssen Investitionen in nationale KI-Recheninfrastrukturen getätigt werden, um Universitäten und Verwaltung Zugriff auf die für Large Language Models und künstliche Intelligenz benötigten GPU-Rechenserver zu geben.
- **Deutschland sollte die Digitalisierung des öffentlichen Sektors vorantreiben,** um einerseits die digitale Kommunikation zwischen Unternehmen und Staat voranzubringen und andererseits Prozesse erheblich zu beschleunigen (siehe Kapitel 5.1.4).

5.1.4 Unternehmen müssen von bürokratischen Fesseln befreit werden

Bürokratische Auflagen burden Unternehmen in Deutschland hohe Lasten auf. Der deutsche Regulator erlegt Unternehmen in vielen Fällen deutlich strengere Regulierungen auf, als dies vonseiten der EU gefordert wird (sogenanntes Goldplating) – dies resultiert in einer enormen Regulierungsbreite und -tiefe und belastet hiesige Unternehmen mit einem deutlich höheren Bürokratieaufwand als in anderen Ländern. Einerseits ist Bürokratie ein erheblicher Kostenfaktor im internationalen Wettbewerb. Andererseits verlangsamt bürokratische Komplexität die Dauer vieler Verfahren massiv, verzögert so Investitionen und stellt

eine erhebliche Gefahr für das Gelingen einer Transformation dar, für die in den kommenden Jahren historische Investitionen mobilisiert werden müssen (siehe Kapitel 1.3.3).

Deutschland braucht ein ambitionierteres „Entfesselungsprogramm“. Die Bundesregierung hat in den letzten Jahren bereits eine Reihe bürokratischer Auflagen gelockert und Verfahren für Investitionen in kritische Infrastrukturen wie LNG-Terminals, Erneuerbare und Stromnetze erheblich beschleunigt. Um die Industrie materiell zu entlasten und Prozesse in der Breite voranzutreiben, reichen diese Initiativen aber nicht aus. Einerseits ist an mehr Stellen Beschleunigung nötig. Gleichzeitig sollte die Politik auch über substanziellere Veränderungen im materiellen Recht nachdenken, um den Industriestandort Deutschland für eine Dekade der Transformation zu befähigen.

- **Die Verwaltung braucht ein Digitalisierungs- und Effizienzprogramm.** Prozessdigitalisierung und technische Verbesserungen der deutschen Verwaltung sind ein lange überfälliges Vorhaben. Die digitale Bereitstellung wesentlicher Verwaltungsleistungen für Unternehmen und Bürger (z. B. Unternehmensanmeldungen) muss gemäß dem Onlinezugangsgesetz bis Ende 2026 umgesetzt werden – im Zusammenspiel mit der Registermodernisierung, um Daten nur einmal je Vorgang eintragen zu müssen.¹⁸² Zudem muss der Einsatz von KI erheblich ausgeweitet werden, etwa zur Überprüfung von Gutachten und Anträgen.
- **Zentrale Prozesse müssen organisatorisch erheblich vereinfacht werden.** Durch regelmäßige ressortübergreifende „Praxischecks“, wie sie beim Solarpaket und beim „Wind-an-Land“-Gesetz bereits erfolgreich eingesetzt wurden, sollte in Zusammenarbeit mit Unternehmen die Umsetzbarkeit bürokratischer Prozesse überprüft und sollten bestehende Prozesse fundamental entschlackt werden. Zudem sollten in den Wirtschaftsministerien der Länder „Bürokratietolten“ oder andere zentrale Anlaufstellen eingesetzt werden, um zum Beispiel Unternehmen bei der Standortsuche und erforderlichen Anträgen zu begleiten und damit Investitionsentscheidungen erheblich schneller in die Umsetzung zu bringen.
- **Deutschland sollte die Verwaltungsgerichtsbarkeit überprüfen und zentrale Rechtswege vereinfachen.** Deutsche Verwaltungsgerichte überprüfen u. a. im Umweltrecht oft wesentlich detail-liierter, als es europäische Nachbarländer praktizieren. Hier sollte die Notwendigkeit der gerichtlichen Vollkontrolle

¹⁸² Deutschland verfügt über mehr als 375 Register, die unzureichend miteinander verknüpft sind, d. h., Daten müssen bei jeder Behördeninteraktion neu eingetragen werden.

Deutschland muss seine Industrie von bürokratischen Fesseln befreien

ABBILDUNG 84 | Instrumente für den Bürokratieabbau und die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren

 Digitalisierung & techn. Verbesserungen	 Bündelung v. Zuständigkeiten & Prozessen	 Rechtliche Vereinfachungen	 Änderungen im materiellen Recht
Onlinezugangsgesetz (OZG) bis Ende 2026 umsetzen	Ressortübergreifende Praxischecks durchführen	Prüftiefe in Verwaltungsgerichtsverfahren reduzieren	1:1-Umsetzung von EU-Recht (mit häufig geringeren Minimalanforderungen) ausbauen
Registermodernisierung durch Organisationskonto & Once-only-Datenerfassung beschleunigen	„Bürokratielotsen“/zentrale Anlaufstellen in Wirtschaftsministerien der Länder stärken	Stichtagsregelung für alle Verfahren einführen	Unbestimmte prozessverlängernde Rechtsbegriffe klarstellen (z. B. „angemessen“ „verhältnismäßig“)
KI-Einsatz in der öffentlichen Verwaltung ermöglichen		Rechtliche Vereinfachungen für erneuerbare Energien auf andere Bereiche ausweiten	Auf Raumverträglichkeitsprüfung vor Planfeststellungsverfahren verzichten
		Prozesse im Klagewesen optimieren	Auf Vorabkontrollen in Genehmigungsverfahren verzichten

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

Quelle: Analyse BCG und IW

geprüft und im Einklang mit der EU-Rechtspraxis reduziert werden. Gleichzeitig sollte eine Stichtagsregelung in das Verwaltungsverfahrensgesetz eingeführt werden, um Rechtsunsicherheiten und Planungsänderungen zu vermeiden. Beim Erneuerbaren-Ausbau erfolgreich eingeführte Beschleunigungsmaßnahmen und Vereinfachungen sollten auch in vielen anderen Bereichen angewendet werden, um Prozesse zum Auf- und Umbau von Infrastruktur, zum Aufbau neuer Produktionsstandorte und zur Umrüstung industrieller Anlagen deutlich voranzutreiben.

- Eine erhebliche Beschleunigung von Verfahren in der Breite erfordert außerdem Änderungen im materiellen Recht. Dafür existiert bereits eine Reihe konkreter Vorschläge. Zum Beispiel geht der deutsche Gesetzgeber bei der Umsetzung von EU-Richtlinien in nationales Recht häufig über die vorgesehenen Minimalanforderungen hinaus. Eine stärkere 1:1-Umsetzung würde bereits für erhebliche Entlastung sorgen und außerdem die rechtliche Konsistenz stärken. Zudem sollte der Gesetzgeber die aktuell unzureichende Definition von Rechtsbegriffen wie „erforderlich“, „angemessen“ und „verhältnismäßig“ mit Standards unterlegen,

da diese in Deutschland häufig zu erheblichen Rechtsunsicherheiten, vermehrten Begutachtungen und Verfahrensverzögerungen führen. Planfeststellungsverfahren ließen sich durch einen Verzicht auf initiale Raumverträglichkeitsprüfungen wesentlich beschleunigen, da diese ohnehin später im Prozess erfolgen und aktuell zu Doppelprüfungen führen. Ebenso könnte bei Genehmigungsverfahren auf umfassende Vorabkontrollen verzichtet werden – zugunsten stärkerer Eigenverantwortung der Betreiber und späterer Prüfungen während der Errichtungs- oder Betriebsphase.

5.1.5 Deutschland muss seine Arbeits- und Fachkräftelücke schließen

Die Arbeits- und Fachkräftelücke ist eine der größten Gefahren für Deutschlands zukünftiges Industrie- und Wirtschaftswachstum. Am Ende der aktuellen Dekade werden netto mehr als 5 Mio. Menschen den deutschen Arbeitsmarkt verlassen haben. Gleichzeitig muss Deutschland ein historisches Investitionsprogramm angehen und Wertschöpfung in neuen Technologien aufbauen, für die ein ausreichendes Arbeits- und Fachkräfteangebot eine unabdingbare Voraussetzung

ist. Um diese Herausforderung anzugehen, sind erhebliche Fortschritte in mehreren Bereichen erforderlich.

Wir müssen (wieder) mehr arbeiten. Die durchschnittliche Lebensarbeitszeit der erwerbsfähigen Bevölkerung in Deutschland muss deutlich erhöht werden. Dafür müssen Anreize für Vollzeitbeschäftigung gestärkt, Hürden dagegen abgebaut werden (zum Beispiel durch ausreichenden Lohnabstand zum Bürgergeld) sowie die Arbeitsmarktbeteiligung von Frauen gesteigert und altersbedingte Austritte aus dem Arbeitsmarkt verzögert werden. Außerdem sollte Deutschland die Inklusion von Menschen mit Behinderung verbessern. Eines der größten ungenutzten Fachkräftepotenziale liegt in einer höheren Erwerbsbeteiligung von Frauen. Die Hälfte der Frauen in Deutschland arbeitet in Teilzeit. Um eine vollzeitnahe Tätigkeit zu ermöglichen, wären eine stärkere Flexibilisierung von Arbeitszeiten, verbesserte Kinderbetreuung und die Ausweitung von Jobsharing-Angeboten nötig. Um das Potenzial älterer Arbeitnehmer besser zu nutzen, sollten Anreize für längere Erwerbstätigkeit geschaffen und Regelungen zur Frühverrentung reduziert werden.

Deutschland braucht eine Bildungs- und Qualifikationsoffensive. Die Erhöhung des Qualifikationsniveaus heutiger und künftiger Arbeitskräfte ist entscheidend, um den zukünftigen Arbeitsmarktanforderungen gerecht zu werden. Deutschland muss erheblich mehr in die Qualität seiner Bildung investieren und den Anteil an (hoch) qualifizierten Facharbeitern und Hochschulabsolventen erhöhen. Im Jahr 2022 hat Deutschland 4,5 % seines BIP in Bildung investiert. Das ist 0,3 % weniger als der Durchschnitt der Top-15-Länder der PISA-Studie in den Jahren 2021 und 2022. Um dieses Niveau zu erreichen, müsste Deutschland jährlich etwa 14 Mrd. Euro mehr in Bildung investieren.¹⁸³ Ein Großteil dieser Mittel würde in den Ausbau und die Sanierung von Schulen, Kitas und Hochschulen fließen.¹⁸⁴ Darüber hinaus sollten diese Investitionen aber auch und vermehrt für zusätzliche Lehrstellen und eine bessere Ausstattung von Schulen genutzt werden. Dabei sollte die MINT- sowie digitale Bildung in Schule, Ausbildung und Studium noch stärker in den Fokus gerückt werden. Gleichzeitig sollte in Engpass- und Transformationsberufen wie im Bauwesen, in der Maschinenbau- und Betriebstechnik, der Elektrotechnik und anderen bedarfsgerecht nachqualifiziert werden.

¹⁸³ Im Jahr 2023 wurden 94 % der Bildungsausgaben durch die Bundesländer und Gemeinden finanziert, rund 6 % kamen vom Bund.

¹⁸⁴ Für eine Quantifizierung der Investitionsbedarfe in die Bildungsinfrastruktur siehe BDI (2024).

Zur Adressierung der Arbeits- und Fachkräftelücke existiert kein „Silver Bullet“

ABBILDUNG 85 | Instrumente zur Schließung der Arbeits- und Fachkräftelücke



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

Quelle: Analyse BCG und IW

Deutschland muss erheblich mehr qualifizierte Zuwanderung anziehen – und nutzen. Ausländische Berufsabschlüsse sollten effizienter anerkannt und die Kriterien zur Erteilung von Schengen-Visa überarbeitet werden.¹⁸⁵ Zudem sollten die Umsetzung des komplexen Zuwanderungsrechts für Unternehmen und ausländische Bewerber übergreifend verbessert und Verfahren vereinfacht und digitalisiert werden. Weitere Potenziale liegen in der Abschaffung des Beschäftigungsverbots für Drittstaatsangehörige in der Zeitarbeit. Zusätzlich könnten auch weitere neue Instrumente in die Überlegungen einbezogen werden, wie z. B. ein dezidiertes (staatlicher oder privater) „Talent-Investment-Fonds“, der die Anwerbung, Ausbildung, Relokation, Jobvermittlung und Integration ausländischer Fachkräfte koordiniert voranbringen würde.¹⁸⁶ Über bestehende, meist isoliert betriebene Anwerbekampagnen oder Vermittlungsdienste hinaus würde dabei der Zuwanderungsprozess gesamtheitlich in den Blick genommen, von einer übergeordneten Behörde koordiniert, eng mit einem Netzwerk aus relevanten Ministerien, Agenturen, privaten und zivilgesellschaftlichen Dienstleistern sowie Unternehmen gemeinsam begleitet und nach klaren Rentabilitätskriterien bis hin zum erfolgreichen Abschluss (d. h. erfolgsbasierter Vergütung nach Vermittlung und erfolgter Migration je Fachkraft) gesteuert werden. Durch die zusätzlichen Steuereinnahmen je Fachkraft könnte sich ein solcher Fonds schon nach kurzer Zeit selbst finanzieren.¹⁸⁷

Deutschland muss mehr in Digitalisierung, Automatisierung und Robotics investieren – in allen Bereichen der Gesellschaft. Der stärkere Einsatz von künstlicher Intelligenz und die Optimierung existierender Strukturen durch digitalisierte und automatisierte Prozesse können die Effizienz steigern und damit existierenden Fachkräften einen erheblich größeren Hebel geben. Sowohl in der Privatwirtschaft als auch im öffentlichen Dienst sollten dafür Digitalisierungsprojekte vorangetrieben werden, um knappe Arbeitskräfte effektiver zu nutzen und neue Potenziale zu erschließen.

5.1.6 Die Politik sollte kritische Abhängigkeiten begrenzen

Deutschlands Abhängigkeiten bei kritischen Rohstoffen und Vorprodukten sind ein Risiko für die Wirtschaftsentwicklung des Landes. Deutschland ist beim

Import mehrerer kritischer Rohstoffe und Raffinadeprodukte stark auf wenige einzelne – teils risikoreiche – Zulieferländer angewiesen. Auch mehrere für die deutsche Industriewertschöpfung kritische Vorprodukte müssen heute überwiegend importiert werden. Das gilt vor allem für Halbleiter – ein kritisches Vorprodukt für Sektoren, die zusammen mehr als die Hälfte der deutschen industriellen Bruttowertschöpfung ausmachen. Diese bezieht Deutschland derzeit zu einem Viertel aus Taiwan, das im Mittelpunkt geopolitischer Spannungen steht. Ähnliches gilt auch für Batterien – zentrale Komponente im zukünftigen Fahrzeugmarkt und damit wichtigstes Vorprodukt in Deutschlands größtem Industriesektor –, die aktuell zu rund 40 % aus China importiert werden müssen. Zudem wird der Markt für seltene Erden und deren Weiterverarbeitungsprodukte – wie z. B. Permanentmagneten für Elektromotoren und Generatoren – weltweit von China dominiert.

Deutschland sollte mehr in die Resilienz von Lieferketten heimischer Unternehmen investieren und kritische Abhängigkeiten verringern. Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass solche Abhängigkeiten ein erhebliches Risiko für Deutschlands wirtschaftliche Entwicklung darstellen können, da Preisschwankungen und Versorgungsengpässe weitreichende Folgen für die Industrieproduktion ganzer Wertschöpfungsketten haben können. In Zeiten wachsender geopolitischer Spannungen oder wirtschaftlicher Instabilitäten sollte Deutschland daher stärker in die Resilienz der Lieferketten hiesiger Unternehmen investieren.

Deutschland braucht mehr strategische Importpartnerschaften für kritische Rohstoffe¹⁸⁸ – und zukünftig auch klimaneutrale Energieträger. Dafür können bestehende Initiativen wie die Minerals Security Partnership oder die existierenden Rohstoffpartnerschaften Deutschlands und der EU genutzt werden. Je nach Rohstoff müssen dabei unterschiedliche Länder entsprechend ihren aktiven und potenziellen Rohstoffproduktionskapazitäten als Partner adressiert werden. Bei einigen Rohstoffen, z. B. seltenen Erden, wäre es zudem notwendig, in den Aufbau der weiteren Wertschöpfungskette zu investieren, weil der reine Rohstoffzugang für die Bedürfnisse der Industrie zu kurz greift. Beim Aufbau strategischer Importpartnerschaften für klimaneutrale Energieträger wie Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe muss Deutschland sich

¹⁸⁵ Das Problem bei der Anwerbung qualifizierter Arbeitskräfte in den Schengen-Raum liegt in den langen, komplizierten Visaprozessen und den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Länder. Dies schreckt Bewerber ab und macht den Prozess ineffizient. Lösungen könnten in einer Vereinfachung und Standardisierung der Anforderungen, beschleunigten Bearbeitungszeiten durch Digitalisierung und speziellen Visakategorien für Fachkräfte bestehen.

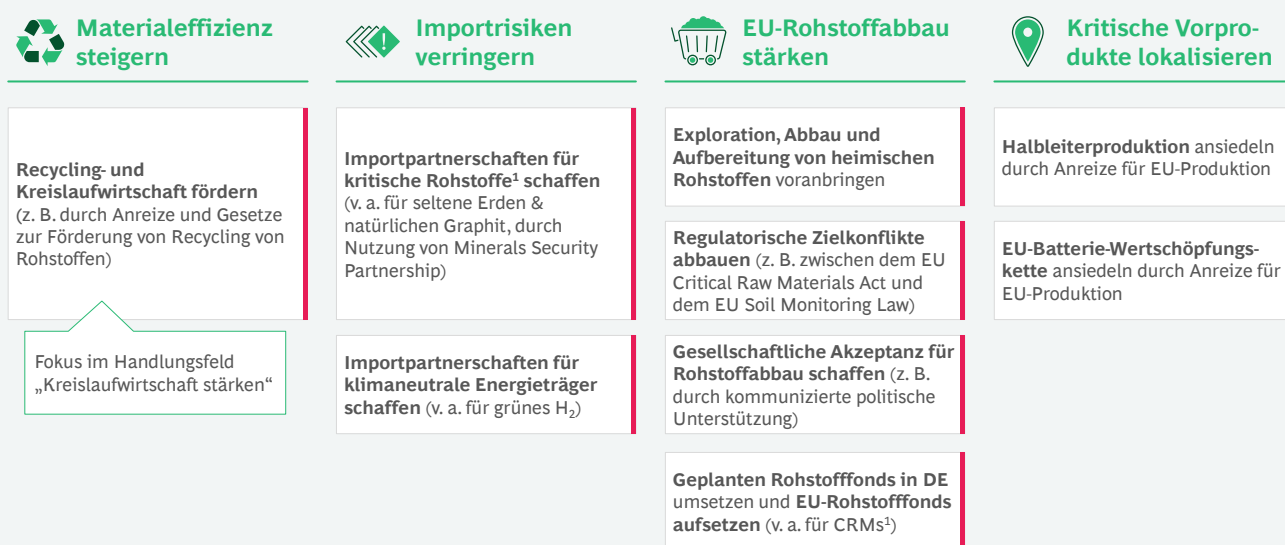
¹⁸⁶ So in einer internationalen Studie zu Ansätzen zur Schließung von Fachkräftelücken als ein möglicher Lösungsansatz jüngst in den Raum gestellt. Siehe Boston Consulting Group (2024b).

¹⁸⁷ Die initialen Kosten eines solchen Fonds lägen bei rund 30 Mio. €. Der Fonds würde sich nach 14 Monaten rechnerisch selbst tragen und nach etwa vier Jahren einen rechnerischen Überschuss i. H. v. 1,6 Mrd. € jährlich generieren. Die Anwerbungskosten von rund 15.000 € pro Fachkraft würden sich durch Steuereinnahmen in durchschnittlich sieben Monaten amortisieren. Über die Lebenszeit generiert eine hoch qualifizierte Fachkraft einen Nettofiskalüberschuss von etwa 530.000 €. Siehe Boston Consulting Group (2024b).

¹⁸⁸ Kritische Rohstoffe umfassen v. a. die im „EU Critical Raw Materials Act“ definierten Rohstoffe wie beispielsweise Lithium, Mangan, Nickel, Kobalt, Platinmetalle, seltene Erden oder Bismut.

Deutschland sollte kritische Abhängigkeiten reduzieren

ABBILDUNG 86 | Instrumente zur Minimierung kritischer Abhängigkeiten



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Kritische Rohstoffe definiert nach Fifth list 2023 of critical raw materials for the EU und beinhaltet beispielsweise Lithium, Kobalt, Bauxit
 Quelle: Analyse BCG und IW

– national wie auch im Rahmen der EU-Zusammenarbeit – frühzeitig und entschlossen auf dem sich noch entwickelnden globalen Markt positionieren. Zahlreiche bilaterale Vereinbarungen und Abkommen sind dazu bereits mit Ländern wie Australien, Chile, Kanada oder Marokko abgeschlossen worden. Angesichts der erwartbar hohen Konkurrenz kann dies erst der Anfang sein. Besonders die Länder und Regionen, die heute noch große Mengen an fossilem Erdgas oder Öl exportieren, wie die Golfstaaten oder die USA, investieren derzeit am meisten in den Produktionsaufbau (weitestgehend) klimaneutraler Energien und besitzen das Kapital und die Erfahrung, um einen schnellen Lieferkettenhochlauf zu realisieren. Importpartnerschaften im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit können insbesondere auf lange Sicht ihr volles Potenzial entfalten und bieten gerade für den exportorientierten Maschinen- und Anlagenbau Zugang zu neuen Wachstumsmärkten. Für den Import von Wasserstoff sind insbesondere Importpartnerschaften mit (außer-)europäischen Nachbarregionen interessant,

die über eine Pipeline-Anbindung erneuerbare Energieträger liefern könnten.

Deutschland sollte die europäische Rohstoffförderung und -weiterverarbeitung und die heimische Produktion kritischer Vorprodukte stärken. Wo dies möglich ist, sollten europäische Vorkommen kritischer Rohstoffe genutzt und gefördert werden. In Deutschland könnte die Politik konkret den Abbau vorhandener Lithium- und Kupfervorkommen unterstützen, ebenso wie den Aufbau von Weiterverarbeitungskapazitäten für kritische Materialien wie Nickelsulfat und Lithiumhydroxid, die in der Batteriefertigung zur Anwendung kommen.¹⁸⁹

Noch wichtiger für die Resilienz der deutschen Industriewertschöpfung wäre eine Lokalisierung der kritischsten Vorprodukte wie Halbleiter und Batterien mit eigener Produktionskapazität in Deutschland und Europa. Allein für den Aufbau von Halbleiterfertigungsstätten in Deutschland sind bis 2030 Investitionen in

¹⁸⁹ Neben einem Explorationsförderprogramm und besseren Rahmenbedingungen für den Abbau, insbesondere bei Raumordnungs-, Planungs- und Genehmigungsverfahren“ gemeint, ist höhere gesellschaftliche Akzeptanz für den heimischen Rohstoffabbau nötig, etwa durch Informationskampagnen und Gewinnbeteiligung der jeweiligen Kommunen. Außerdem müssen regulatorische Zielkonflikte adressiert werden – zum Beispiel zwischen dem EU Critical Raw Materials Act und dem EU Soil Monitoring Law. Zusätzlich ist für die industrielle Produktion auch die Sicherung der heimischen Gewinnung von Massenrohstoffen nötig, die etwa für den Bau erforderlich sind. Hier verfügt Deutschland über erhebliche Ressourcen, allerdings wird die Erschließung durch Überplanung, lange Genehmigungsverfahren und fehlende Akzeptanz zunehmend erschwert.

Der Aufbau kritischer Fertigung erfordert ~ 90 Mrd. Euro Investitionen bis 2030

ABBILDUNG 87 | Kumulierte Mehrinvestitionen in Minimierung kritischer Abhängigkeiten 2024 – 2030

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030 (in Mrd. € real 2023)



Quelle: Analyse BCG und IW

Höhe von mehr als 50 Mrd. Euro geplant. Dazu kommen rund 28 Mrd. Euro für den Aufbau von 330 GWh Produktionskapazität für die deutsche Zellfertigung und die Herstellung von Kathodenmaterialien (CAM und pCAM).

Deutschland sollte die Nutzung vorhandener und verfügbarer Rohstoffe optimieren. Dazu sollte die Politik die Erhöhung der Materialeffizienz, die Ausweitung des Recyclings und die Erforschung der Materialsubstitution fördern. Allein die weltweite Nachfrage nach Lithium wird nach Prognosen der Weltbank im Jahr 2050 um rund 500 % über den Produktionskapazitäten von 2018 liegen. Um zumindest einen Teil dieses Bedarfs zunehmend aus heimischen Quellen zu bedienen, sollten die im Critical Raw Materials Act festgelegten Zielwerte für die Selbstversorgung mit strategischen Rohstoffen sowie die EU-Batterieverordnung umgesetzt und der Aufbau von Batterie-Recycling in Deutschland vorangetrieben werden. Dabei spielen die allgemeinen Standortbedingungen und insbesondere die Energiekosten sowie die Planungs- und Genehmigungsverfahren eine entscheidende Rolle. Rohstoffförderung, Weiterverarbeitung und Recycling sind als energieintensive und häufig großtechnische Anlagen davon besonders betroffen. Der geplante Rohstoff-

fonds sollte gezielt zur Förderung von kritischen Rohstoffen eingesetzt werden, bei denen die marktlichen Risiken für die Finanzierung und damit Realisierung besonders hoch sind. Da die Mittelvergabe auch für Projekte in Deutschland und der EU ermöglicht werden soll, könnte dieser Fonds einen Beitrag zur Umsetzung der europäischen Rohstoffproduktionsziele aus dem EU Critical Raw Materials Act leisten. Aufgrund der geopolitischen Situation ist eine engere Zusammenarbeit mit den anderen europäischen Staaten notwendig. Mit der Schaffung eines mit dem nationalen Rohstofffonds kompatiblen europäischen Fonds, der Projekte entlang der Wertschöpfungskette unterstützt, könnte die EU ihre strategischen Rohstoffpartnerschaften mit Leben füllen und die europäische Wirtschaft bei der Versorgung mit strategischen Rohstoffen unterstützen.

5.2 Deutschland muss seine industrielle Basis sichern

Energieintensive Industrien stehen vor einer doppelten Herausforderung. Sie müssen mit gestiegenen Energiekosten zurechtkommen, die ihre Wettbewerbsfähigkeit in den letzten Jahren erheblich eingeschränkt haben (siehe Kapitel 2.1). Gleichzeitig müssen sie Investitionsmittel für eine fundamentale Technologietransformation mobilisieren, die ihren Kostennachteil in vielen Fällen eher noch erhöhen (siehe Kapitel 4). Ohne eine Unterstützung der Transformation droht diese nicht (schnell genug) zu erfolgen und Teile der energieintensiven Industrien aus Deutschland abzuwandern.¹⁹⁰

Deutschland hat ein Interesse an einer starken Basis an Grundstoffsektoren. Auf jeden Euro, den die Grundstoffindustrie selbst erwirtschaftet, kommt ein weiterer Euro indirekter Wertschöpfung in anderen Branchen (siehe Kapitel 2.3). Grundstoffsektoren tragen in teils über Jahrzehnte etablierten Wertschöpfungsnetzwer-

ken zu Qualität und Innovation vieler weiterverarbeitender Branchen bei – teils sogar an gemeinsamen Verbundstandorten.¹⁹¹ Außerdem machen sie Deutschland in der Versorgung mit zentralen Materialien unabhängiger von internationalen Märkten und Lieferketten. Deutschland sollte daher die Unternehmen in diesen Sektoren bei der Transformation unterstützen, um 1) die ökonomischen Risiken der im internationalen Vergleich höheren deutschen Klimaziele auszugleichen, 2) den Grundstoffsektoren die besten Erfolgschancen zu verschaffen, auch in zukünftigen Märkten erfolgreich zu sein, und 3) die Resilienz des Industriestandorts und der von Grundstoffen abhängigen Wertschöpfungsketten zu stärken. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die Unterstützung des Mittelstands zu legen, da dieser derzeit häufig nicht ausreichend bei Förderprogrammen berücksichtigt wird (siehe Exkurs: Perspektive Mittelstand).

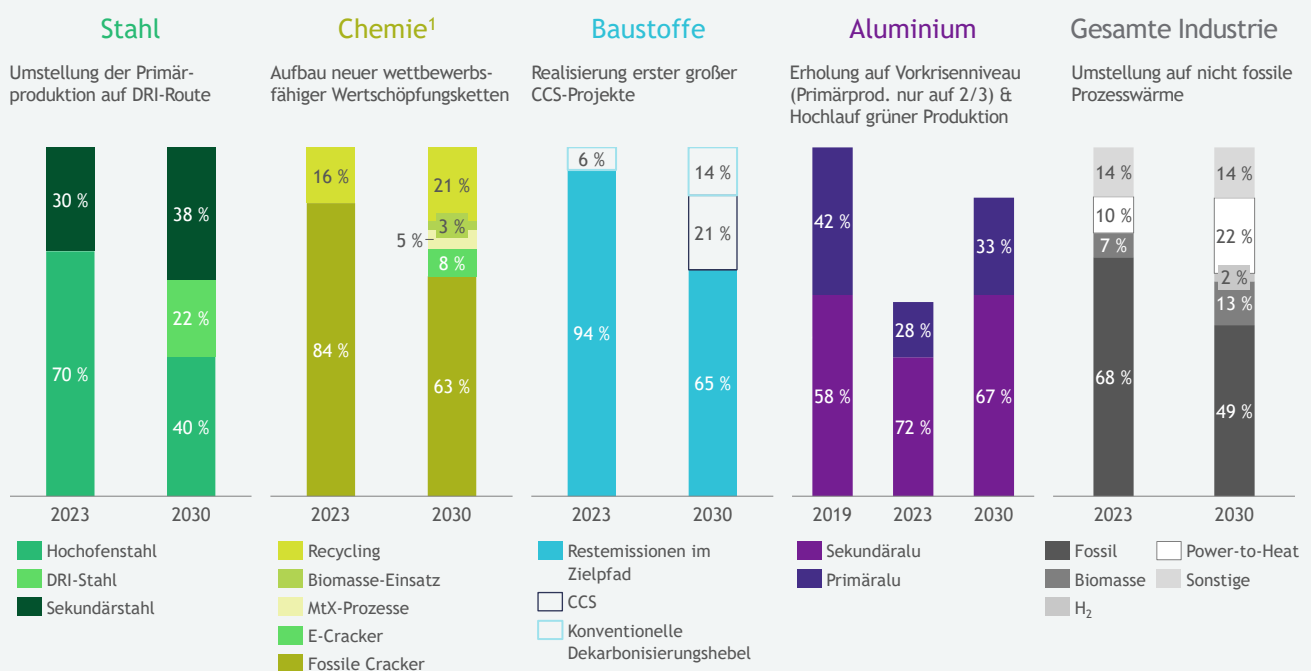
¹⁹⁰ Eine kurzfristige finanzielle Unterstützung ist auch für einige Sektoren wie Aluminium wichtig, um Industrien wettbewerbsfähig zu halten, die sich aufgrund technologischer Hürden erst mittelfristig transformieren können.

¹⁹¹ Ein Wegfall beispielsweise der chemischen Industrie würde die heimische Produktion von Pharmazeutika sowie elementaren Vorprodukten für die Transformation (bspw. Kathodenmaterial für Batterien, Polysilizium für Halbleiter und PV-Anlagen, Harze für Windkraftanlagen) gefährden.

Deutsche Grundstoffunternehmen stehen vor einer grundlegenden Transformation

ABBILDUNG 88 | Transformationspfade verschiedener Industriesektoren

Transformationspfade der Grundstoffindustrien bis 2030



1. Petrochemie abgebildet

Hinweis: Aus derzeitiger Perspektive plausible Transformationspfade (nicht zwangsläufig Net-Zero-Pfade) dargestellt

Quelle: Klimapfade 2.0; Analyse BCG und IW

5.2.1 Der Regulator sollte energieintensive Industriesektoren bei der Transformation unterstützen

Deutsche Industrieunternehmen müssen in den kommenden Jahren rund 39 Mrd. Euro in den Umbau ihrer Produktion investieren. Davon entfällt ein Teil auf insbesondere im aktuellen Umfeld grundsätzlich ökonomisch sinnvolle Effizienzmaßnahmen. Gleichzeitig stehen allerdings mehrere Sektoren vor einem fundamentalen Umbau ihrer Anlagenbasis, Wertschöpfungsketten oder zumindest ihrer Prozesswärmeversorgung. In der Stahlindustrie wird bis 2030 rund ein Drittel der Hochofenkapazität durch neue Direktreduktionsanlagen ersetzt. Die Chemie muss ihre Wertschöpfungsketten einer neuen Wettbewerbssituation anpassen, in die Defossilisierung ihrer Prozesse und die Integration nicht fossiler Feedstocks investieren. Die Kalk- und die Zementindustrie müssen mit der sehr kostenintensiven Ausrüstung ihrer Standorte mit CO₂-Abscheideanlagen und dem Anschluss an entsprechende Transportinfrastruktur beginnen. Zudem müs-

sen alle Sektoren fossiles Gas in ihrer Prozesswärmeerzeugung ersetzen. Das wird für viele Unternehmen eine erhebliche Investitions Herausforderung sein (siehe Abbildung 88), zumal diese Dekarbonisierungsinvestitionen von insgesamt rund 39 Mrd. Euro parallel zu regulären Ausgaben für den Anlagenbestand finanziert werden müssen.¹⁹² Zusätzlich zu den Investitionen müssen Unternehmen zukünftig höhere operative Kosten schultern, vor allem, weil Wasserstoff und Strom in vielen Anwendungen bisher nicht wettbewerbsfähig mit fossilem Erdgas sind (und nicht fossile Feedstocks in der Chemie nicht wettbewerbsfähig mit fossilem Öl).

Die Politik sollte diese Transformation umfangreich unterstützen. Um das möglichst effektiv und zielgerichtet zu tun, ist eine Reihe von Instrumenten nötig, die teilweise bereits existieren, in vielen Fällen allerdings noch nicht:

- **Entlastungstatbestände sollten verstetigt, vereinfacht und eine Ausweitung überprüft werden.** Stromintensive Industrien wie Aluminium, Stahl, Chemie

¹⁹² Siehe Exkurs: Mehrinvestitionen, Mehrkosten und fiskalische Belastungen der Transformation (Kapitel 6.1) für die Definition von Investitionen und Mehrinvestitionen sowie weitere Details.

Die Industrietransformation erfordert bis 2030 Mehrinvestitionen von ~ 40 Mrd. Euro

ABBILDUNG 89 | Kumulierte Mehrinvestitionen in Industrietransformation und -dekarbonisierung 2024 – 2030

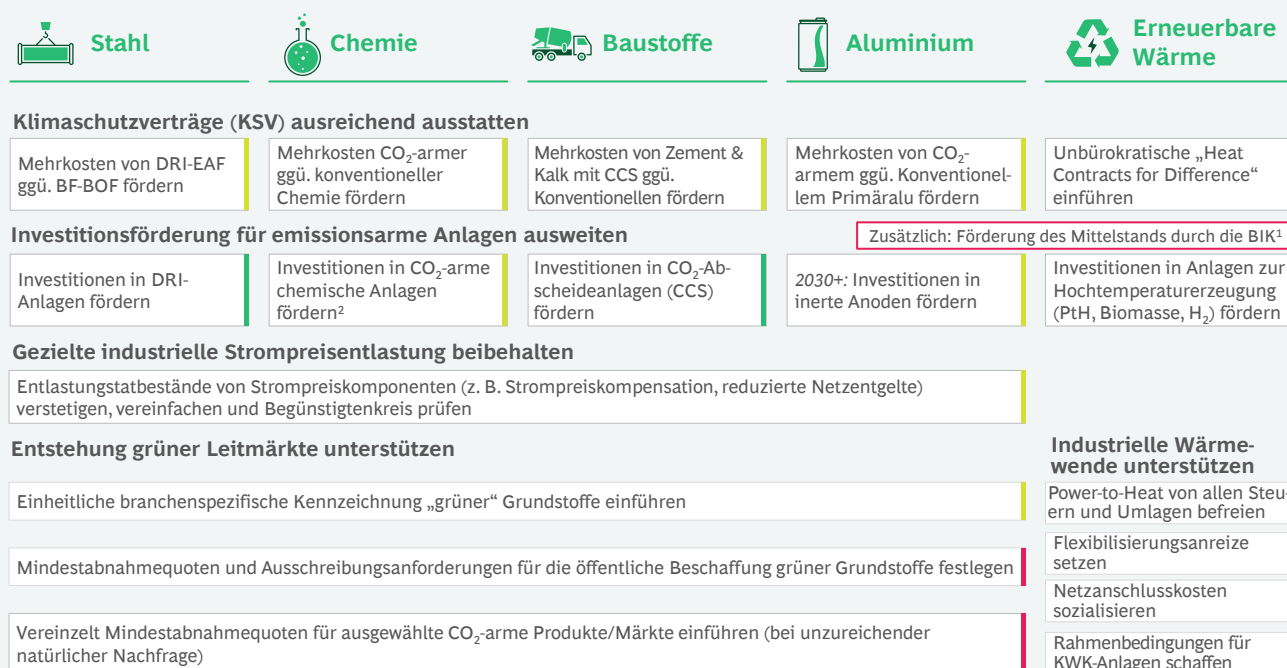
Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030 (in Mrd. € real 2023)



1. Gemeint ist die permanente Speicherung bzw. dauerhafte stoffliche Bindung von CO₂ 2. Kumulierte Mehrkosten 2024 – 2030 für die Produktion von klimafreundlichem Zement, Stahl und Chemie sowie Nutzung erneuerbarer Prozesswärme gegenüber konventionellen Referenztechnologien
Quelle: Analyse BCG und IW

Fünf zentrale Hebel zur Stärkung der deutschen Grundstoffindustrien

ABBILDUNG 90 | Instrumente für die Unterstützung der Industrietransformation und -dekarbonisierung



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Bundesförderung Industrie und Klimaschutz 2. Methanol- und Ammoniaksynthese, MtX-Anlagen, E-Cracker
Quelle: Analyse BCG und IW

und weitere¹⁹³ benötigen auch zukünftig Entlastungen von Strompreiskomponenten¹⁹⁴, um international wettbewerbsfähig zu bleiben (siehe Kapitel 1.3.1). Das wird durch die zunehmende Elektrifizierung industrieller Prozesse auch in anderen Sektoren wichtiger werden.¹⁹⁵ Vor allem für den Mittelstand sind unbürokratische Antragsverfahren für Strompreisentlastungstatbestände essenziell. Die Bundesregierung sollte daher die Entlastungstatbestände von Strompreiskomponenten verstetigen, vereinfachen und den Begünstigtenkreis auf mögliche Erweiterungen prüfen, insbesondere mit Blick auf Sektoren mit perspektivisch wachsender Stromnachfrage und entsprechend höheren Energiekosten (siehe Kapitel 5.1.1).

- **Investitionsförderung für emissionsarme Anlagen sollte ausgeweitet werden.** Um die Umstellung auf

neue Technologien zu erleichtern, sollten Förderungen für neue, emissionsarme Anlagen fortgeführt werden – und um weitere Anlagen ergänzt werden, zum Beispiel den Umbau chemischer Wertschöpfungsketten (MtX, nicht fossile Feedstocks) und die Umstellung auf elektrische Wärme.¹⁹⁶ Außerdem sollten gezielt auch kleinere Investitionsprojekte im Mittelstand gefördert werden. Für die Dekarbonisierung des Mittelstands hat die Europäische Kommission im April 2024 die beihilferechtliche Genehmigung der neuen Förderrichtlinie „Bundesförderung Industrie und Klimaschutz“ (BIK) erteilt. Diese Förderrichtlinie sollte nun schnellstmöglich umgesetzt und die beihilferechtliche Genehmigung über den 31. Dezember 2025 hinaus verlängert werden.¹⁹⁷

¹⁹³ Neben den in diesem Kapitel fokussierten Grundstoffindustrien sollten auch für weitere energieintensive Industrien wie Gießereien, Massivumformer, Feuerverzinken oder Keramik gezielte Strompreisentlastungen geprüft werden (siehe Kapitel 5.1.1).

¹⁹⁴ Darunter fallen u. a. die Strompreiskompensation, die Minimierung der Netzentgelte oder die Ko-Finanzierung der Übertragungsnetzentgelte (siehe Kapitel 5.1.1).

¹⁹⁵ Zukünftig werden neben der Elektrifizierung auch durch den Einsatz von CCS/CCU mehr Sektoren stromintensiv sein, bspw. Zement und Kalk.

¹⁹⁶ Als emissionsarme Anlagen werden alle Systeme gezählt, die nach der Quellenbilanz einen 60 %igen Anteil an erneuerbaren Energien haben, sowie „H₂-ready“-Erdgas-DRI-Anlagen für Stahlproduktion, sofern förderbedürftig.

¹⁹⁷ Förderung ist für Projekte aller Industriesektoren ab 1 Mio. € (für KMU: ab 500.000 €) bis maximal 200 Mio. € in klimafreundlichen Technologien vorgesehen, die mindestens 40 % CO₂-Emissionen gegenüber konventionellen Technologien einsparen (inkl. Umstellung fossiler Brennstoffe auf Strom und grünen Wasserstoff oder Investitionen in CCUS (siehe BMWK [2024a])).

- **Klimaschutzverträge (KSV) sollten ausreichend ausgestattet werden.** Mit der Eröffnung der ersten Gebotsrunde für Klimaschutzverträge im März 2024 ist ein wesentliches Instrument für die Industrietransformation auf den Weg gebracht worden, das die Mehrkosten der Transformation für Industrieunternehmen begrenzen kann.¹⁹⁸ Nun sollte die Politik Planungssicherheit über weitere Gebotsverfahren (bisher sind insgesamt fünf vorgesehen) und über das verfügbare Fördervolumen schaffen – vor allem vor dem Hintergrund eines schlechter finanzierten Klima- und Transformationsfonds. Für eine effektive Umsetzung der weiteren Gebotsrunden sollte die Funktionsweise der Förderrichtlinie nach Abschluss der ersten Gebotsrunde überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Angesichts der erwarteten Überzeichnung sollte zudem die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Mittel für die geplanten Gebotsrunden geprüft werden, um eine möglichst große Zahl qualifizierter Projekte zu unterstützen.¹⁹⁹ Zu guter

Letzt sollte die Politik das Instrument auch jenseits der geplanten Gebotsrunden verstetigen und die Gefahr einer Benachteiligung des Mittelstands aktiv durch stärkere Mittelstandsförderung adressieren.

- **Die industrielle Wärmewende muss ökonomischer werden.** Für die meisten Industrieunternehmen ist Wärmeerzeugung der mit Abstand wichtigste Treiber von Emissionen. Damit der Umstieg auf nicht fossile Wärme wirtschaftlicher wird, muss Strom als Energieträger für industrielle Wärmeerzeugung (Power-to-Heat-Anwendungen) neben anderen erneuerbaren Energieträgern zur Mittel- und Hochtemperaturerzeugung attraktiver werden – durch eine gezielte Entlastung von Steuern und Umlagen²⁰⁰, Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen und Anreize für flexible Stromnachfrage (die Unternehmen mit Hilfe von Wärmespeichern günstigere Wärmekosten ermöglicht). Um öffentliche Förderung auch in der Breite verfügbar zu machen, soll-

¹⁹⁸ Die Umstellung auf grüne Technologien führt besonders in der Anfangsphase, wenn die Technologien noch nicht skaliert und ausgereift sind, zu hohen Mehrkosten. Klimaschutzverträge fördern als zentrales Instrument die Mehrkosten der CO₂-armen Technologie gegenüber der fossilen Referenztechnologie.

¹⁹⁹ Allein für die Unterstützung der Stahl-, Chemie- und Zementindustrie würden in 2030 fiskalische Belastungen i. H. v. etwa 2 Mrd. € anfallen. Darüber hinaus muss eine Reihe weiterer Sektoren unterstützt werden.

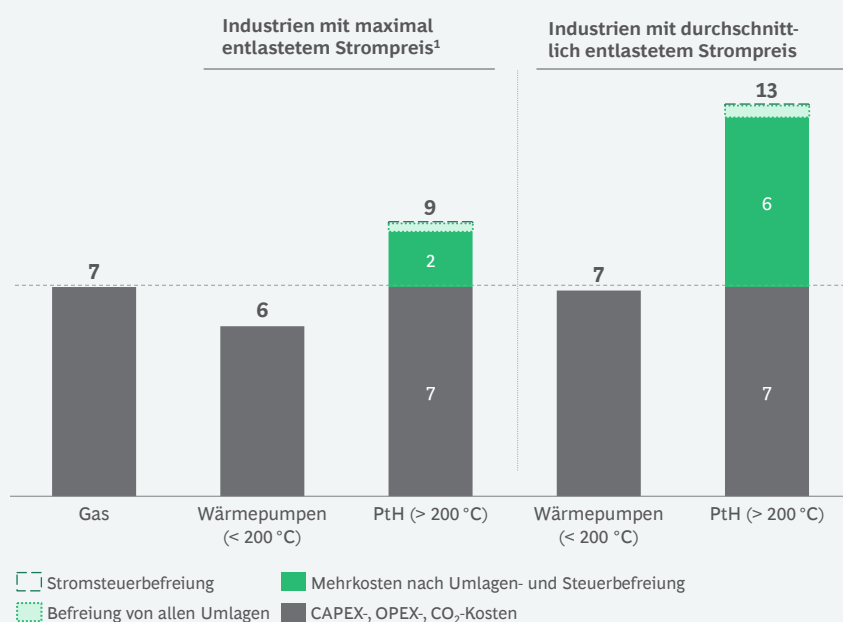
²⁰⁰ Die Befreiung des Strompreises für Power-to-Heat-Anwendungen sollte dabei ähnlich gestaltet sein wie die Entlastung stromkostenintensiver Unternehmen. Dies umfasst die komplette Befreiung von der KWK-Umlage, die weitestgehende Befreiung von Entgelten und netzentgeltlichen Umlagen (Netzentgelte, StromNEV-Umlage, Offshore-Umlage und Konzessionsabgabe) sowie die Reduktion auf die Mindeststromsteuer.

Nicht fossile Industriegwärme muss ökonomischer werden

ABBILDUNG 91 | Benötigte Fördermenge für Power-to-Heat-Anwendungen (Hoch- und Mitteltemperatur)

Elektrische Industriegwärme bei höheren Temperaturen aktuell nicht wirtschaftlich

Industrielle Wärmeerzeugungskosten 2030 (in ct/kWh, € 2023 real)



Zwei Hebel zur Unterstützung

Befreiung elektrischer Wärme von allen Umlagen und Steuern

0,4 Mrd. € Befreiung von Stromsteuer und sämtlichen Umlagen (bspw. KWK, Offshore)

Einführung von „Heat Contracts for Difference“

2,3 Mrd. € Um Kostennachteil gegenüber konventioneller Gasverbrennung zu überbrücken

1. Ohne Strompreiskompensation

Quelle: Klimapfade 2.0; Aurora Energy Research (2024); Analyse BCG und IW

ten unbürokratische und auch für KMU zugängliche „Heat Contracts for Difference“ die verbliebenen Mehrkosten nicht fossiler Wärme ausgleichen. Außerdem benötigen Unternehmen Unterstützung bei Investitionen für größere Netzanschlüsse.²⁰¹

- **Die Politik sollte die Entstehung grüner Leitmärkte unterstützen.** Um mittelfristig den Bedarf an öffentlicher Förderung für emissionsarme Grundstoffe (z. B. emissionsarmen Zement mit CCS oder emissionsarmen Stahl) zu senken, brauchen Grundstoffindustrien Leitmärkte, in denen sie die Mehrkosten CO₂-armer Produkte durchsetzen können. Die Politik sollte die Entstehung solcher Leitmärkte unterstützen, indem sie einheitliche branchenspezifische Definitionen der grünen Eigenschaft entwickelt²⁰² und eine Vorreiterrolle in öffentlichen Beschaffungsaufträgen durch Quoten oder Ausschreibungskriterien für ausgewählte erneuerbare Grundstoffe einnimmt. Darüber hinaus sollten für ausgewählte Produkte oder Märkte Quoten für grüne private Beschaffung definiert werden, falls sich die natürliche Nachfrage nicht in ausreichendem Maße einstellt.²⁰³

5.2.2 Die Politik sollte einen breiten Technologieraum für Dekarbonisierung ermöglichen

Deutschland geht in der industriellen Dekarbonisierung bisher im globalen Vergleich einen Sonderweg.

Deutschland hat sehr ambitionierte Klimaziele – und verfolgt diese bereits frühzeitig mit der Ambition einer möglichst vollständigen Verdrängung fossiler Energieträger aus allen Wirtschaftssektoren. Mit den Eckpunkten der Carbon-Management-Strategie (CMS) hat die

Bundesregierung die Tür für die Nutzung von CCU und CCS als Dekarbonisierungshebel geöffnet. Die Technologie soll allerdings vor allem für Anwendungen zum Tragen kommen, in denen Emissionen anderweitig nicht zu vermeiden sind (wie in der Zement- und Kalkproduktion sowie der Müllverbrennung) und negative Emissionen erzeugt werden können.²⁰⁴ Eine CO₂-Speicherung an Land ist bisher als Opt-in der Bundesländer vorgesehen.²⁰⁵ Damit ist Deutschland im internationalen Vergleich außergewöhnlich restriktiv. Andere Länder planen oder betreiben den Einsatz von CCS auch in anderen Sektoren. Außerdem planen Nachbarländer wie Polen, Dänemark und Frankreich derzeit, die günstigere Onshore-Speicherung zuzulassen (siehe Abbildung 92).²⁰⁶

Ein breiterer Einsatz von CCS könnte die Dekarbonisierungskosten in mehreren Sektoren vergünstigen und damit international wettbewerbsfähiger machen.²⁰⁷

Mehrere Faktoren haben die bisherige deutsche Strategie zur Erreichung von Nullemissionen in den letzten Jahren verteuert. Die Energiekrise hat zumindest vorübergehend zu höheren Strompreisen in Deutschland geführt, was die industrielle Elektrifizierung vor allem in Hochtemperaturanwendungen (noch) weniger wirtschaftlich macht. Gleichzeitig hat sich die Produktion von grünem Wasserstoff als erheblich teurer herausgestellt, als noch vor wenigen Jahren vorhergesagt wurde.²⁰⁸ In Zeiten knapperer öffentlicher Förderbudgets und ernsthafter Deindustrialisierungsrisiken scheint es daher sinnvoll zu sein, Alternativen zu dem bisher verfolgten Weg zu prüfen und grundsätzlich zu ermöglichen. Zeitnah sollte der Einsatz von CCS für schwer und unvermeidbare Emissionen in der Industrie und der thermischen Abfallverwertung ermöglicht werden. Zugleich sollten die Anwendungsmöglichkeiten von Carbon-Capture-Technologien vor dem Hintergrund ökonomischer Berücksichtigungen breit

²⁰¹ Beispielsweise über eine Sozialisierung in die regulierte Infrastruktur der Verteilnetzbetreiber und eine „Härtefallregelung“ zur Vermeidung hoher Verteilnetzkosten in besonders ländlichen Regionen.

²⁰² Mit dem Konzept „Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe“ hat das BMWK im Mai 2024 erste Definitionsvorschläge für Stahl, Zement, Ammoniak und Ethylen eingebracht. Diese müssen nun durch die jeweiligen Industrien weiterentwickelt und durch einen einheitlichen Ansatz zur Erfassung des CO₂-Fußabdrucks je Grundstoff („PCF Rulebook“) ergänzt werden. So muss z. B. die im April 2024 eingeführte „LESS“-Kennzeichnung (Low Emission Steel Standard) der VW Stahl für CO₂-reduzierten Stahl nun in die breite Anwendung kommen. In der Chemieindustrie stellt der mit ISO 14067 kompatible Ansatz von „Together for Sustainability“ einen Ausgangspunkt für die Kennzeichnung von emissionsarmem Ethylen und Ammoniak dar, muss aber noch konkretisiert werden. Perspektivisch sollten diese Deklarationen zumindest im deutschen, idealerweise aber auch im europäischen Markt verpflichtend angewendet werden (Quelle: Guidehouse [2024]).

²⁰³ Bei der Ausgestaltung grüner Leitmärkte gilt es, die Besonderheiten und Komplexitäten einzelner Sektoren zu berücksichtigen und die Verfügbarkeit emissionsarmer Grundstoffe sicherzustellen. Geeignete Leitmärkte können z. B. Windkraftanlagen sein, bei denen die Mehrkosten von CO₂-reduziertem gegenüber konventionellem Stahl lediglich 50 ct/MWh für die über die Lebensdauer produzierten MWh betragen (siehe BCG [2023b]). Für CO₂-armes Aluminium ist eine Quote für die Verpackungsindustrie zu prüfen. Bei CO₂-armem Zement könnte eine grüne Quote z. B. durch zinsvergünstigte Kredite unterstützt werden. In der Automobilindustrie und bei Haushaltsgeräten weisen Kundenumfragen weiterhin auf eine Mehrpreisbereitschaft für Net-Zero-Produktion mit CO₂-armen Grundstoffen hin (siehe BCG [2023a]).

²⁰⁴ Die Strategie, CCS/CCU nur für nicht vermeidbare Emissionen zu nutzen, ist aus Net-Zero-Sicht in vielen Sektoren nachvollziehbar. Auch das Nullemissionsszenario der „Klimapfade 2.0“-Studie folgt dieser Strategie (Quelle: BCG [2021]).

²⁰⁵ Der Gesetzentwurf zur Änderung des KSpG sieht vor, eine gesetzliche Grundlage zu schaffen, die ein Opt-in einzelner Bundesländer zur Onshore-Speicherung ermöglicht (Quelle: BMWK [2024b]).

²⁰⁶ Mit der Industrial Carbon Management Strategy hat die EU im Februar 2024 Förderungen für eine breite Nutzung von CCS – onshore wie offshore – bereitgestellt. Mehrere Länder planen oder betreiben darüber hinaus bereits den Einsatz (Quelle: EU-Kommission [2024a]).

²⁰⁷ Die Kostensenkung des CCU/CCS-Netzwerks wird in Kapitel 5.1.2 adressiert. In diesem Kapitel (5.2.2) steht die Senkung der Dekarbonisierungskosten durch CCS für Sektoren im Fokus.

²⁰⁸ Besonders investitionsseitige, aber auch operative Kostenannahmen wurden in Studien zu optimistisch abgeschätzt. Reale Projekte weisen erheblich deutlich höhere spezifische CAPEX für das Gesamtsystem auf. Eine deutliche Kostensenkung hat und wird sich auch voraussichtlich bis 2030 bei bestehenden unzureichenden und wenig ermutigenden Rahmenbedingungen für die Wasserstoffproduktion in Deutschland nicht in dem Maße materialisieren, wie zuvor angenommen wurde. Auch die Prognose der „Klimapfade 2.0“-Studie hatte günstigere Kosten angenommen (Quelle: BCG [2021]).

ermöglicht werden. So könnte der Einsatz von CCS in mehreren Anwendungen zu einem kostengünstigeren Dekarbonisierungspfad beitragen (siehe Kapitel 5.1.2, Abbildungen 80 und 92):²⁰⁹

- Durch die heimische Produktion von **blauem Wasserstoff**
- Im **Chemiesektor** für die Produktion von Ammoniak und Methanol
- Als Ersatz für die Elektrifizierung von **Hochtemperaturprozessen** (> 500 °C, z. B. Cracker in Raffinerien und Petrochemie)
- In der **Stahlindustrie** für die Abscheidung von CO₂ aus neuen DRI-Anlagen, solange diese nicht mit Wasserstoff betrieben werden
- In **Grundlastkraftwerken** und KWK-Anlagen²¹⁰, die mit hohen Laststunden betrieben werden

Neben der permanenten Speicherung kann abgeschiedenes CO₂ auch als Rohstoff verwendet werden (Carbon Capture and Utilization [CCU]). Insbesondere in der chemischen Industrie ist Kohlenstoff beispielsweise in der Produktion von Harnstoff und anderen Basischemikalien eine wichtige Grundlage. Ebenso könnte CO₂ auch in der Keramik-, Metall- und Lebensmittelindustrie sowie perspektivisch in der Erzeugung von erneuerbaren Kraftstoffen und Kohlenwasserstoff eingesetzt werden.²¹¹ Hierfür sollte CCU in die Carbon-Management-Strategie ergänzend als Technologie eingebunden werden.

Deutschland sollte Optionen prüfen, CCS in verschiedenen Sektoren breit als Dekarbonisierungshebel zur Verfügung zu stellen und infrastrukturell sowie regulatorisch mit alternativen CO₂-Reduktionshebeln gleichzustellen. Das würde Unternehmen einen größeren technologischen Optionenraum geben, die für sie wirtschaftlichste CO₂-Vermeidungstechnologie auszuwählen.²¹² In der Hochlaufphase der verschiedenen

²⁰⁹ Manche dieser Anwendungen würden auf europäischer Ebene eine Änderung an den bestehenden RED-III-Standards erfordern.

²¹⁰ Kraft-Wärme-Kupplungen, die beispielsweise an Industriestandorten existieren und die Stromnachfrage über das Netz deutlich verringern können.

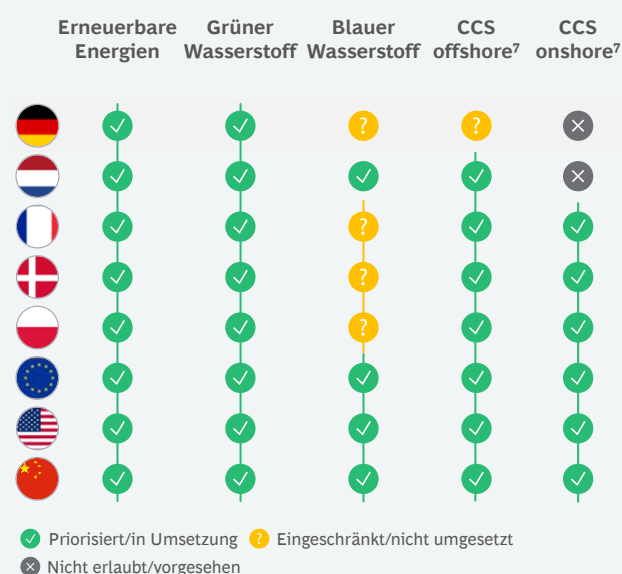
²¹¹ Beispielsweise zur Produktion von erneuerbarem Methanol, synthetischen Kraftstoffen etc. Das Nutzungspotenzial in Deutschland ist jedoch noch unklar.

²¹² Das erfordert aus Sicht des Regulators eine Güterabwägung zwischen Sicherheitsanforderungen bei Transport und Speicherung von CO₂, ökologischen Standards, gesellschaftlicher Akzeptanz und Implikationen für den Hochlauf vollständig nicht fossiler Technologien auf der einen Güterabwägung zwischen CO₂-Vermeidungskosten, möglichen Implikationen für die deutsche Wettbewerbsfähigkeit sowie gesellschaftlicher Akzeptanz für steigende (vergemeinschaftete) Dekarbonisierungskosten auf der anderen Seite.

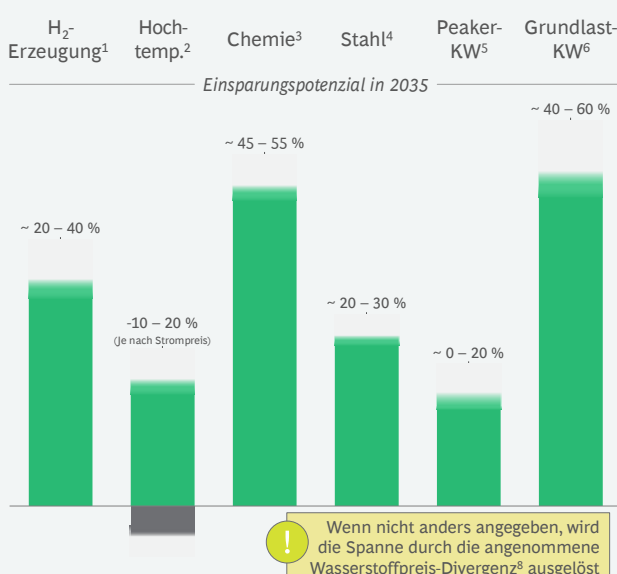
Eine breitere Nutzung von CCS könnte Kosten in vielen Sektoren senken

ABBILDUNG 92 | Einsparpotenzial durch die Nutzung von CCS in verschiedenen Sektoren in 2035

Deutschland begrenzt CCS-Einsatz mehr als andere Länder



CCS könnte in vielen Sektoren Dekarbonisierungskosten sparen



1. Blaue H₂-Produktion gegenüber grüner Produktion in Deutschland 2. Einsatz von CCS in Erdgasanwendungen gegenüber elektrischen Crackern (bspw. für Raffinerien und Chemie) 3. Nutzung von CCS in der Ammoniak- und Methanolproduktion gegenüber Produktion von grünen Molekülen 4. Möglichkeit der Nutzung von CCS für NG-DRI-EAF gegenüber dem Einsatz von grünem H₂-DRI-EAF 5. Einsatz von CCS in konventionellen Erdgas-KW gegenüber H₂-KW im Peakereinsatz (1.000 Volllaststunden pro Jahr) 6. Grundlastkraftwerk mit Volllaststundenzahl von 4.000 Stunden pro Jahr 7. Offshore und Onshore beziehen sich hierbei auf die Speicherung (CCS) 8. Wasserstoffpreis-Bandbreite von 5 – 7 €/kg
Quelle: Analyse BCG und IW

Dekarbonisierungsoptionen (Elektrifizierung, H₂, CCS u. a.) sollte der Regulator einen breiten technologischen Optionenraum für Unternehmen ermöglichen, Verfügbarkeit, Nachfrage und Kostenentwicklung kontinuierlich beobachten und, wo erforderlich, Zielpläne anpassen.

Für die Erreichung des Nullemissionsziels wäre der breitere Einsatz von CCUS mit der Notwendigkeit verbunden, verbliebene Restemissionen durch CO₂-Entnahme (Carbon Dioxide Removal [CDR]) aus der Atmosphäre auszugleichen. Dies kann neben Maßnahmen in den Bereichen Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft überwiegend durch technische Lösungen wie DACCS/U (Direct Air Capture and Storage bzw. Utilization) und BECCS/U (Bioenergy with Carbon-Management-Strategie bzw. Utilization) erfolgen. Um den Weg für die zukünftige Erzeugung negativer Emissionen zu ebnen, hat das BMWK bereits Eckpunkte zu langfristigen Negativemissionen (LNe) veröffentlicht.²¹³ Da CCS, CCU und CDR teilweise die gleichen Infrastrukturen verwenden und sich in ihrem Beitrag zum Klimaschutz überschneiden, ist jetzt eine schnelle Erarbeitung der LNe in enger Abstimmung mit der Carbon Management Strategie notwendig.

²¹³ Beispielsweise mit Hilfe von Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS), direkte CO₂-Abscheidung aus der Luft und anschließende Speicherung (DACCS) oder thermische Abfallbehandlung mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (WACCS) (Quelle: BMWK [2024e]).

Um den erforderlichen CCS- und CCU-Hochlauf voranzubringen, den Technologieraum für Dekarbonisierung breit zu nutzen und die Transformation kosteneffizient auszugestalten. Die folgenden vier wesentlichen Voraussetzungen zu schaffen:

- **Ergänzung des europäischen regulatorischen Rahmens:** Die EU sollte schnellstmöglich die Industrial Carbon Management Strategy umsetzen und insbesondere Rahmenbedingungen für Speicherkapazitäten, grenzüberschreitenden CO₂-Transport sowie Fördermöglichkeiten entwickeln. Zusätzlich sollte die EU einen klaren Regulierungsrahmen für Negativemissionen schaffen, die Einbeziehung von Carbon Dioxide Removal (CDR) in den EU-ETS-Compliance-Markt prüfen und Anreize für technische Negativemissionen schaffen.
- **Entwicklung des deutschen regulatorischen Rahmens:** Die Bundesregierung sollte kurzfristig einen klaren Rechtsrahmen für CCS/CCU schaffen. Hierfür sollten zeitnah die Änderungen am Londoner Protokoll ratifiziert, eine vollständige Carbon-Management-Strategie ausgearbeitet und die Novellen des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes (KSpG)

Vier Hebel für eine breitere Nutzung von CCS und CCU

ABBILDUNG 93 | Instrumente zur Erweiterung des Optionenraums bei der Dekarbonisierung



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

Quelle: Analyse BCG und IW

sowie des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) umgesetzt werden. Dabei sollte von Einschränkungen der CO₂-Abscheidetechnologien in der Industrie (etwa in Form von Positiv- oder Negativlisten) abgesehen werden, es sollte ein breiter, technologie-offener Einsatz von CCS/CCU explizit ermöglicht und es sollten Investitionsanreize für die Nutzung von CCS/CCU entlang der gesamten Wertschöpfungskette gesetzt werden.²¹⁴ Zudem sollte Deutschland das nationale regulatorische Umfeld an die EU-Ebene angleichen und einen Regulierungsrahmen für Negativemissionen schaffen sowie die Eckpunkte zu langfristigen Negativemissionen (LNe) mit der Carbon-Management-Strategie verknüpfen.

- **Aufbau der deutschen CO₂-Infrastruktur:** Unabhängig vom Kreis zukünftiger Nutzer muss Deutschland zeitnah eine CO₂-Infrastruktur aufbauen und einen CO₂-Netzentwicklungsplan ausarbeiten (siehe Kapitel 5.1.2).²¹⁵ Der Aufbau eines CO₂-Netzes sollte dabei auch in der Gesamtschau zum Infrastrukturhochlauf für erneuerbaren Strom und Wasserstoff gedacht werden. Um potenziell hohe Kosten für erste Nutzer der Infrastruktur zu adressieren, sollten Regelungen zur Absicherung der Investitionsrisiken getroffen werden. Um eine kostengünstigere Transformation zu ermöglichen, sollten die Bundesländer in diesem Kontext die Opt-in-Klausel des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes nutzen. Angesichts der Kostenvorteile von Onshore-Speicherung wäre ein solcher Einsatz sinnvoll (siehe Kapitel 5.1.2 und Abbildung 80).
- **Schaffung von gesellschaftlicher Akzeptanz für die Ausweitung von CCS/CCU:** Durch wissenschaftsbasierte, transparente politische Kommunikation und frühzeitige Einbindung der lokalen Bevölkerung, Kommunen und Bundesländer sollte frühzeitig gesellschaftliche Akzeptanz für die breitere Nutzung von CCS/CCU hergestellt werden.

5.2.3 Deutschland sollte die Kreislaufwirtschaft stärken

Die Kreislaufwirtschaft ist ein wesentlicher Baustein für eine erfolgreiche Transformation der Industrie. Entlang vieler Sektoren ermöglicht sie Ressourcenschonung, Emissionssenkung und eine Reduzierung kritischer Rohstoffabhängigkeiten. Es gilt, weniger Ressourcen zu verbrauchen, diese mehrfach zu gebrauchen oder ganz durch klimafreundliche Alternativen zu ersetzen. Durch den etablierten Zugang zu Abfällen und Schrotten bietet die Kreislaufwirtschaft für Grundstoffindustrien zumindest einen gewissen Grad an Schutz. Außerdem eröffnet sie Wachstumschancen durch neue, zirkuläre Geschäftsmodelle.²¹⁶

In mehreren Grundstoffindustrien wie Aluminium und Stahl ist Kreislaufwirtschaft²¹⁷ bereits heute zur Existenzsicherung unverzichtbar, in anderen, wie der Chemieindustrie, wird sie zukünftig eine deutlich größere Rolle spielen. In Sektoren wie Aluminium und Stahl werden schon jetzt in großem Umfang Schrotte recycelt, da sich so effizient hochwertige Produkte herstellen lassen. Rund ein Drittel der gesamten deutschen Stahl- und mehr als die Hälfte der Aluminiumproduktion entfallen auf Sekundärprodukte. Darüber hinaus werden auch in der Primärproduktion Sekundärrohstoffe eingesetzt, bei Stahl beispielsweise zu rund 20 %. Dieser Anteil trägt bereits heute zur Dekarbonisierung bei und wird durch die Umsetzung der Klimawende weiter ansteigen, was sogar Engpässe in der Schrottverfügbarkeit auslösen könnte (siehe Abbildung 94).²¹⁸ In der chemisch-pharmazeutischen Industrie kann Recycling eine zentrale Rolle für den Ersatz fossiler Kohlenwasserstoffe spielen und einen Beitrag zum Erhalt von Wertschöpfungsketten für High-Value Chemicals leisten. Nur rund ein Drittel (etwa 2,3 Mt) des jährlich anfallenden Kunststoffabfalls wird in Deutschland derzeit stofflich wiederverwertet.²¹⁹ Um den Rezyklat-Output künftig zu erhöhen, muss die stoffliche Verwertung deutlich gesteigert werden (siehe Abbildung 94). Dafür sollte neben mechanischem Recycling auch chemisches Recycling ermöglicht werden.²²⁰ Auch in der Baustoffindustrie werden durch das

²¹⁴ Wie u. a. im Rahmen der BIK und der KSV angekündigt, durch grüne Leitmärkte oder durch die Nutzung des EU-Emissionshandels als Incentivierungssystem.

²¹⁵ Aufgrund der langen Planung und der Konstruktion" des deutschen CO₂-Netzes sollte bereits heute der multimodale Transport gestärkt werden.

²¹⁶ Entlang der verschiedenen „R-Ansätze“ (Repair, Refurbish, Remanufacture, Reuse, Repurpose etc.).

²¹⁷ Im Fokus der Kreislaufwirtschaft steht hier das Recycling. Die Abfallvermeidung, die Reduktion des Primär Materialeinsatzes sowie die Wiederverwendung durch die verschiedenen R-Ansätze sind darüber hinaus zentrale Aspekte der Kreislaufwirtschaft.

²¹⁸ In der Stahlindustrie wird im Jahr 2030 ein Sekundäranteil von bis zu 38 % erwartet, zudem kann mit dem Umstieg der Primärproduktion auf Elektrolichtbogenöfen auch dort vermehrt und kostensenkend Schrottstahl eingesetzt werden. Bis 2030 könnte der Schrotteinsatz in Deutschland daher auf bis zu 24 Mt Stahlschrott steigen – gegenüber rund 16 Mt in 2022 (plus 3 Mt Nettoexporte in 2022) – und damit einen Engpass von rund 1 Mt auslösen. Ähnlich wird die Sekundäraluminium-Produktion in Deutschland eine immer wichtigere Rolle einnehmen, nicht zuletzt durch die hohen Energiekostenanstiege auf der Primärroute: Bis 2030 könnte der Anteil um rund 45 % gegenüber 2022 zunehmen und sich bis 2045 verdoppeln – unter der Voraussetzung ausreichender Schrottverfügbarkeit.

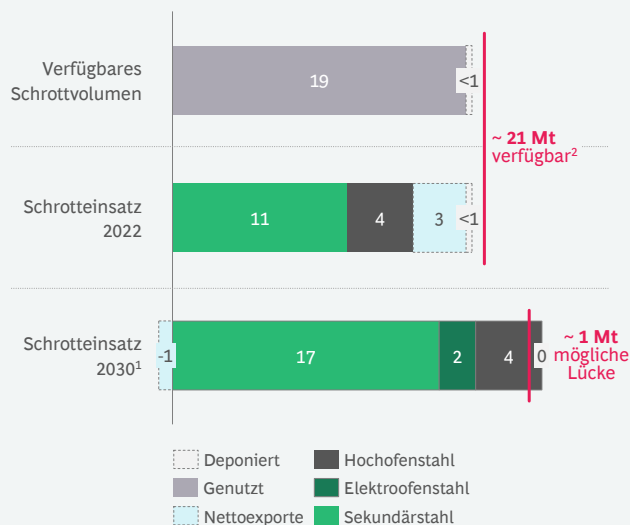
²¹⁹ Vor allem durch mechanisches Recycling. Darüber hinaus wird rund die Hälfte (3,3 Mt) energetisch verwertet, also unter Auskopplung von Energie verbrannt (Quelle: BKV [2021]).

²²⁰ Der Einsatz von chemischem Recycling sollte nur dort erfolgen, wo mechanisches Recycling nicht möglich ist.

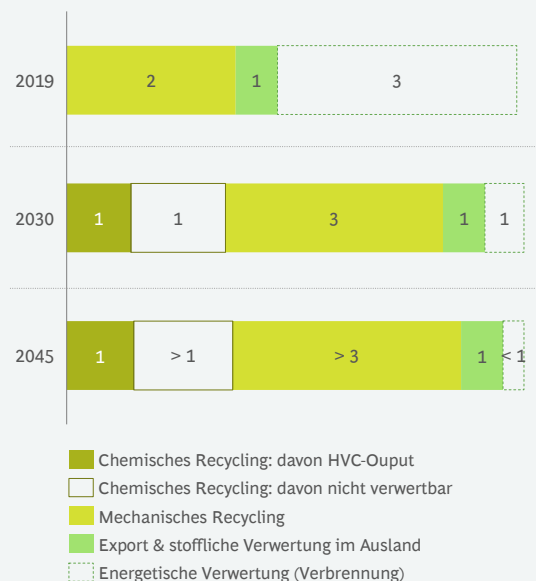
Die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen in Grundstoffindustrien steigt

ABBILDUNG 94 | Nachfrage nach Sekundärrohstoffen in ausgewählten Grundstoffindustrien

Stahl: Mehr Nachfrage als Schrottangebot (indikativ in Mt)



Chemie: Deutlicher Ausbau von Kunststoffrecycling Potenzial des Recyclings (indikativ in Mt)



1. Steigende Nachfrage durch größeres Gesamtproduktionsvolumen (von 37 Mt auf 40 Mt), steigenden Schrottanteil in Primärstahl (~ 21 % auf 25 %) und zunehmende Sekundärproduktion. 2. Stahlverfügbarkeit errechnet basierend auf entstehendem Schrott in der Stahlproduktion, bei der Weiterverarbeitung von Stahl in nachgelagerten Wertschöpfungsketten und durch Recycling (Post-Scrap).
Quelle: WV Stahl; BDSV; Chemistry4Climate; VCI; Analyse BCG und IW

Recycling mineralischer Bauabfälle in erheblichem Umfang Recyclingbaustoffe hergestellt.²²¹

Deutschland hat ein starkes Interesse, Recycling in diesen Grundstoffsektoren zu maximieren. Dafür müssten Verfügbarkeit und Qualität von Sekundärrohstoffen gesteigert und deren Kosten reduziert werden – was intelligente neue Regulierung an allen Stellen der Wertschöpfungskette erfordern würde.

- **Zirkuläres Produktdesign:** Um die Verfügbarkeit und Qualität von Schrotten und Rezyklaten zu erhöhen, sollten Produkte von Beginn an für eine bessere Wiederverwendung und Verwertung entworfen werden.²²² Den Vorgaben der kürzlich beschlossenen EU-Ökodesign-Verordnung und EU-Bauprodukteverordnung folgend sollten Anfor-

derungen auf europäischer Ebene festgelegt und überwacht werden.²²³ Darüber hinaus sollten auch für EU-Importe und Produktgruppen, die nicht unter die EU-Ökodesign-Verordnung fallen, vergleichbare Regelungen geschaffen werden.

- **Produktspezifische individuelle Rücknahmeverpflichtung:** Wo es ökologisch sinnvoll ist, sollte die erweiterte Herstellerverantwortung, ein wesentliches Prinzip des Abfallrechts nach dem Verursacherprinzip, zur Rücknahme von Produkten am Lebensende durch Rücknahmeverpflichtungen, Mehrweg- und Pfandsysteme weiter ausgebaut werden.²²⁴ Dieser Ansatz schafft Anreize für die Hersteller, Produkte so zu gestalten, dass sie nach der Nutzung leichter recycelt oder wiederverwendet werden können.

²²¹ Bauschutt und Straßenaufbruch werden heute zu rund 95 % zu Recyclingbaustoffen aufbereitet und wiederverwertet. Durch ihren Einsatz in der Baustoffproduktion und bei Straßen-, Erd- und Tiefbaumaßnahmen können so etwa 12,5 % primäre Gesteinskörnungen (Sand, Kies, Naturstein) ersetzt werden. In Forschungsprojekten wird derzeit daran gearbeitet, weitere Sekundärstoffquellen und Verwendungsmöglichkeiten im Baubereich zu erschließen.

²²² Dabei wägt das zirkuläre Produktdesign unterschiedliche Produktziele wie Recyclingfähigkeit, Langlebigkeit, Wiederverwendung und Qualität ab.

²²³ Als Kriterien des zirkulären Produktdesigns hat die EU-Ökodesign-Verordnung u. a. Langlebigkeit, Wiederverwendbarkeit, Reparaturfähigkeit und Recyclingfähigkeit definiert. Ein Produktdesign mit hoher Recyclingfähigkeit (z. B. durch weniger Verbunde oder Materialvielfalt) kann durch die höhere Sortier- und Aufbereitbarkeit zu einer höheren Verfügbarkeit von Schrotten und Rezyklaten führen. Gleichzeitig können Monomaterialien oder besser lösbare Verbunde zu einer höheren Rezyklatqualität führen, wenn zirkulär designte Produkte weniger durch verschiedene Sorten „verunreinigt“ sind.

²²⁴ Die produktspezifischen Rücknahmeverpflichtungen können zudem einen Anreiz für die Entwicklung leicht recycelbarer Produkte schaffen. Für Elektro- und Elektronikgeräte, E-Pkw-Batterien und Akkumulatoren sowie Flaschen und manche industriellen Verpackungen wurde dies bereits eingeführt.

Drei Hebel zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft und Sekundärrohstoffe

ABBILDUNG 95 | Instrumente zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft

 Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen erhöhen	 Qualität v. Sekundärrohstoffen steigern	 Preise für Sekundärrohstoffe senken
Materialspezifische Recyclingquoten umsetzen und schrittweise erhöhen ¹ und an die EU Packaging and Packaging Waste Regulation angleichen <i>Voraussetzung:</i> Einheitliche Standards	Produktspezifische Rezyklateinsatzquote für Kunststoffrezyklate einführen <i>Voraussetzungen:</i> Kein funktionierender Markt, ökologische Vorteile, ökonomische Umsetzbarkeit, Technologieoffenheit, Feststellbarkeit	Intelligente ökonomische Anreize schaffen nach Umsetzung ordnungsrechtlicher Instrumente (z. B. durch Investitionsförderung und steuerliche Erleichterungen entlang der zirkulären Wertschöpfung)
Produktspezifische individuelle Rücknahmeverpflichtungen ausweiten und Mehrweg- sowie Pfandsysteme, wo ökologisch sinnvoll, ausbauen	Einheitlichen Rechtsrahmen schaffen und Verfahren normieren Rechtsbereiche der Kreislaufwirtschaft ² harmonisieren und vereinfachen Präferenz von mechanischem gegenüber chemischem Recycling normieren und chemisches Recycling für mechanisch nicht recycelbare Abfälle ermöglichen Qualitätsgesicherte Sekundärrohstoffe rechtlich gleichstellen mit Primärrohstoffen ³ Delegierte Rechtsakte für regulatorisches Umfeld (z. B. EU-Ökodesign-VO, EU-Verpackungs-VO) erarbeiten und mit Normen untersetzen	
Zirkuläres Produktdesign durch Normierung auf europäischer Ebene umsetzen und überwachen (EU-Ökodesign-VO, EU-Bauprodukte-VO)		
Digitalen Produktpass praktikabel umsetzen, um produktbezogene Informationen zu sammeln und auszutauschen (z. B. für eine sachgerechte Verwertung)		
Exporte aus der EU regulieren für Schrotte und Kunststoffabfälle sowie Importe in die EU fördern durch Umsetzung der Abfallverbringungs-VO <i>Abwägung:</i> Exportregulierung in Abwägung zum fairen Freihandel		

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Wo ökonomisch und ökologisch umsetzbar 2. Z. B.: Produkt-, Abfall- und Stoffrecht 3. Wo fachlich begründbar
 Quelle: Analyse BCG und IW

- **Materialspezifische Recyclingquoten:** Die schrittweise Erhöhung von Recyclingquoten bis 2030 nach dem deutschen Verpackungsgesetz sollte konsequent umgesetzt werden durch eine Stärkung der Schrott- und Abfallsortierung sowie Effizienzsteigerung bei der Sortentrennung.²²⁵ Weiterhin sollten die Recyclingquoten in Einklang mit der EU Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR) gebracht werden. Um die Recyclingquote für Kunststoffe zu erhöhen, müsste chemisches Recycling dort zugelassen werden, wo mechanisches Recycling nicht möglich ist.
- **Produktspezifische Rezyklateinsatzquoten:** Um die Marktentwicklung für bislang weniger nachgefragte, aber ökologisch wichtige oder die Resilienz stärkende Sekundärrohstoffe (z. B. Kunststoffrezyklate) anzustoßen, wären Einsatzquoten für die Nachfrage erforderlich. Solche Quoten sollten auf EU-Ebene

für einzelne Produktgruppen eingeführt und ausgeweitet werden, wobei ökologische Vorteile, ökonomische Umsetzbarkeit, Technologieoffenheit und Feststellbarkeit gewährleistet sein müssen.

- **Digitaler Produktpass:** Der digitale Produktpass ist ein wesentliche Befähiger und Beschleuniger der Kreislaufwirtschaft, da er auch Jahre nach der Produktion Transparenz über Hersteller, Material, mögliche bisherige Reparaturen und Entsorgungsaufgaben eines Produkts erzeugt. So lassen sich kreislaforientierte Stoffströme und Geschäftsmodelle messen und bewerten.²²⁶ Für den digitalen Produktpass gilt es eine praktikable Lösung für alle Unternehmen zu finden, auch solche, die noch nicht hinreichend digitalisiert sind.

²²⁵ Das deutsche Verpackungsgesetz legt für unterschiedliche Materialien wie Stahl, Aluminium und Kunststoff Recyclingquoten fest (§§ 15, 16). Diese Quoten werden schrittweise bis zum Jahr 2030 erhöht (Kunststoffverpackungen: 63 % bis 2030; Stahl- und Aluverpackungen: 90 % bis 2030).

²²⁶ Der Inhalt eines digitalen Produktpasses ist einerseits indirekt an inhaltliche Anforderungen – hinsichtlich erforderlicher Informationen – sowie andererseits direkt an technische Anforderungen zur Umsetzung geknüpft, die in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen. Die EU-Ökodesign-Verordnung sieht folgende Anforderungen vor: Interoperabilität, freien Zugang, sichere Datenspeicherung und -verarbeitung, Gewährleistung der Authentizität, Zuverlässigkeit und Integrität der Daten sowie Datensicherheit und Datenschutz. Dabei sollte auch auf internationale Anschlussfähigkeit über bestehende offene globale Datenstandards, einfache Durchsetzbarkeit durch klare Strukturen, Modularität und Erweiterbarkeit und den Schutz von Unternehmensgeheimnissen durch klare Berechtigungsregelungen geachtet werden (siehe WBCSD und BCG [2023], IW [2023a]).

- **Regulierung der Exporte von Schrotten und Kunststoffabfällen:** Obwohl die Sekundärproduktion eine zentrale Säule der deutschen Grundstoffindustrien wie Stahl und Aluminium darstellt, ist Deutschland seit Jahren Nettoexporteur von Stahlschrott, Aluschrott und Kunststoffabfällen.²²⁷ Im Rahmen der seit April 2024 geltenden EU-Abfallverbringungsverordnung (EU-VO 2024/1157) sollten die Regelungen zur grenzüberschreitenden Verbringung sowie zum Import in die und Export aus der EU konsequent umgesetzt werden, um illegale Schrottexporte zu verringern und die EU-Schrottverfügbarkeit zu erhöhen.
- **Einheitlicher Rechtsrahmen und Normierung von Verfahren:** Innerhalb des europäischen Binnenmarktes sollten Abfall-, Produkt- und Stoffrecht harmonisiert werden. Qualitätsgesicherte Schrotte und Rezyklate sollten, wo dies fachlich begründbar ist das Ende der Abfalleigenschaft erreichen und damit rechtlich mit Primärrohstoffen gleichgestellt und in die Produktionsstatistik aufgenommen werden. Zudem sollte eine Regelung zur Verknüpfung von mechanischem und chemischem Recycling geschaffen werden, nach der mechanisches Recycling bevorzugt wird (wo möglich) und chemisches Recycling auf mechanisch nicht recycelbaren Abfall (wie Duroplaste) angewendet werden kann.
- **Finanzielle Förderung:** Nach der Umsetzung der oben genannten Instrumente sollten intelligente finanzielle Maßnahmen wie Investitionsförderungen (z. B. für den Aufbau fortschrittlicher Sortier- und Recyclinganlagen) und steuerliche Erleichterungen (z. B. perspektivisch für die Verwendung von Sekundärrohstoffen) gezielt entlang der zirkulären Wertschöpfung dort eingesetzt werden, wo Rezyklate heute noch nicht ausreichend ökonomisch in den Markt gebracht werden können oder weitere Potenziale (z. B. durch Qualitäts- oder Aufbereitungsverbesserungen) erreicht werden können.

5.2.4 Deutschland und die EU sollten sich für effektiveren Schutz vor Carbon Leakage einsetzen

Der EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) soll bestimmte Wirtschaftsbereiche in der EU vor unfairem (fossilen) Wettbewerb aus dem Ausland schützen und Produktionsverlagerungen verhindern – ist jedoch aktuell mit mehreren Herausforderungen verbunden. Die bestehende EU-Klimapolitik wird in den kommenden Jahren vor allem für energieintensive und mittelbar für alle Unternehmen in der EU steigende Kosten verursachen. Da die CO₂-Preise im EU-Emissionshandelssystem (ETS) steigen, kostenlose Allokationen zurückgehen und die meisten Klimaschutzinvestitionen gegenüber fossilen Technologien bisher nicht wirtschaftlich sind, wird es für europäische Produzenten immer schwieriger, mit Wettbewerbern aus Drittstaaten zu konkurrieren, die keine vergleichbaren Kosten zu schultern haben. Die Klimaschutzambitionen sind in den meisten Nicht-EU-Ländern deutlich niedriger als in der EU: Nur 24 % der weltweiten Emissionen werden bisher überhaupt bepreist.²²⁸ Mit dem CBAM versucht die EU, diesen Nachteil teilweise auszugleichen und für einige energieintensive Industriesektoren einen effektiven Außenschutz zu etablieren. Der CBAM bepreist CO₂-Emissionen importierter Produkte, um damit die Kostenverpflichtungen zwischen inländischen Herstellern und Importeuren anzugleichen. Derzeit befindet sich der CBAM in einer Übergangsphase ohne finanzielle Verpflichtungen und umfasst energieintensive Sektoren wie Zement, Stahl, Aluminium, Eisen, Düngemittel, Wasserstoff und Strom. EU-ETS-Sektoren wie Kalk und Glas sowie weiterverarbeitende Industrien sind bisher nicht berücksichtigt.²²⁹ Ein umfassender Review im Jahr 2025 soll die Effektivität des Mechanismus hinsichtlich der Verringerung des Carbon-Leakage-Risikos bewerten und die Erweiterung auf weitere Sektoren diskutieren.

Der CBAM löst die Gefahr von Carbon Leakage nur teilweise. EU-Produzenten riskieren steigende Wettbewerbsnachteile. Mehrere Kostennachteile europäischer Produzenten bleiben auch nach dem CBAM erhalten. Außerdem schafft das Instrument mehrere neue Herausforderungen:

- **Fehlender Exportschutz:** Der CBAM soll die Wettbewerbsbedingungen für einige Produkte angleichen, die auf dem europäischen Markt verkauft werden. Für Exporte in andere Länder

²²⁷ Kunststoffexporte haben sich in den letzten Jahren bereits um etwa die Hälfte reduziert, allerdings v. a. aufgrund von Einfuhrbeschränkungen ursprünglicher asiatischer Abnehmerländer (siehe Destatis [2023a]).

²²⁸ Weltbank (2024).

²²⁹ Seit dem 1. Oktober 2023 befindet sich der CBAM in der Übergangsphase, in der Importeure noch keine CBAM-Zertifikate erwerben müssen. Diese Phase konzentriert sich auf die quartalsweise Berichterstattung der Importmengen der grauen CO₂-Emissionen und des CO₂-Preises im Herkunftsland. Die vollständige Implementierung des CBAM beginnt am 1. Januar 2026. Ab dann müssen Importeure CBAM-Zertifikate erwerben. Parallel dazu wird die schrittweise Abschaffung der kostenlosen EU-ETS-Zertifikate bis 2034 erfolgen.

existiert ein solcher Schutz aber nicht. Exporteure werden durch die europäische CO₂-Bepreisung insbesondere nach Abschaffung der kostenlosen Zuteilung von EU-ETS-Zertifikaten belastet. Dies wird für Exporte in Nicht-EU-Länder ohne ähnliche Bepreisung – das sind aktuell fast alle – zu erheblichen Wettbewerbsnachteilen führen.

- **Umgehungsstrategien:** Unternehmen in Drittstaaten könnten für Exporte nach Europa Umgehungsstrategien entwickeln, indem sie zum Beispiel bestehende emissionsarme Produktion nach Europa umleiten und emissionsintensive Produkte lokal verkaufen. Dies könnte die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Produktion gefährden, ohne einen positiven Einfluss auf globale CO₂-Emissionen zu haben.
- **Bürokratische Lasten:** Unternehmen, besonders kleine und mittlere, stehen durch umfangreiche Berichterstattungs-, Dokumentations- und Verifizierungsprozesse vor hohen bürokratischen Anforderungen. Schwierigkeiten gibt es vor allem bei der Emissionsberechnung und beim Erhalt der notwendigen Daten von Zulieferern.

- **Verschiebung der Verlagerungsrisiken in nachgelagerte Sektoren:** Derzeit umfasst der CBAM einige energieintensive Grundstoffe, nicht aber weiterverarbeitete Erzeugnisse wie z. B. Kugellager aus Stahl. Durch EU-ETS und CBAM werden die umfassten Grundstoffe (Importe und in Europa hergestellte Produkte) in Zukunft teurer, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der Abnehmerbranchen in Europa sinkt. Dies könnte teilweise dazu führen, dass Abnehmerbranchen zukünftig weniger in der EU produzierte oder CBAM-pflichtig importierte Grundstoffe abnehmen, sondern direkt weiterverarbeitete Produkte (z. B. Kugellager) importieren, wodurch Wertschöpfungsstufen aus der EU hinausgedrängt werden könnten.
- **Hohe resultierende Unsicherheit bei Unternehmen:** Mit der vollständigen Implementierung und Bezahlphase des CBAM ab dem 1. Januar 2026 beginnt auch die Abschmelzung der freien Zuteilung im ETS. Inwieweit der CBAM den Verlust der freien Zuteilung jedoch ausgleichen und so die zunehmend wichtiger werdende Minderung des Carbon-Leakage-Risikos gewährleisten kann, ist aktuell noch offen. Für betroffene Unternehmen stellt dies eine Belastung dar.

Deutschland sollte die zunehmende Gefahr von Carbon Leakage bekämpfen

ABBILDUNG 96 | Instrumente für die Stärkung von Carbon-Leakage-Schutz/CO₂-Außenschutz



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Bzw. vereinfacht der durchschnittlichen sektoralen Exporte aus dem EU-EFTA-Raum
 Quelle: Analyse BCG und IW; Agora (2022)

Die EU sollte einen effektiven Außenschutz gewährleisten. Die Ambitionsniveaus beim Klimaschutz von EU- und Nicht-EU-Staaten sollten perspektivisch konvergieren. In der Zwischenzeit ist der Schutz vor Carbon Leakage für im internationalen Wettbewerb stehende Industrien essenziell und muss gewährleistet werden, solange ein „Level Playing Field“ noch nicht in Sichtweite ist. Im Trade-off zwischen ambitionierten Dekarbonisierungszielen und dem Erhalt internationaler Wettbewerbsfähigkeit sollten dabei umsetzbare Lösungen für einen besseren außenwirtschaftlichen Schutz durch CBAM und alternative Instrumente intensiv geprüft und gefunden werden.

- **Review 2025:** Die EU sieht einen Review im Jahr 2025 vor, der unter anderem 1) die Wirksamkeit des CBAM im Hinblick auf die Verringerung des Carbon-Leakage-Risikos, 2) die Erweiterung der umfassten Sektoren auf nachgelagerte Industrien zum Erhalt der Wertschöpfung in der EU, 3) die Ausweitung auf indirekte Emissionen und 4) die Auswirkungen des CBAM auf die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Industrien umfassen soll.²³⁰ Hier sollten die bestehenden Herausforderungen detailliert geprüft und Lösungen für identifizierte Probleme gefunden werden. So gibt es beispielsweise weiterverarbeitete stahlintensive Produkte, die weitgehend aus bereits CBAM-pflichtigen Produkten bestehen, aber in weiterverarbeiteter Form aktuell nicht dem CBAM unterliegen – hier wäre eine Ausweitung des Anwendungsbereichs zu prüfen. An anderer Stelle müssen zunächst Folgeeffekte möglicher Ausweitungen geprüft werden: So würde beispielsweise eine Ausweitung des CBAM auf indirekte Emissionen mit einem Ersatz der bestehenden Strompreiskompensation durch den CBAM einhergehen – ein vergleichbarer Ausgleichseffekt bzw. eine Sicherstellung wettbewerbsfähiger Strompreise ist jedoch ungewiss, stellt aber zugleich eine essenzielle Voraussetzung für die weitere Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Sektoren dar. Daher sollte der CBAM-Review unter Einbindung der europäischen Industrie erfolgen und Herausforderungen nicht erst retrospektiv im Rahmen des Kommissionsberichts aufführen, sondern bereits vor möglichen Ausweitungen Lösungen für die skizzierten Herausforderungen vorschlagen. Sollte dieser Review ergeben, dass das Carbon-Leakage-Risiko nicht ausreichend abgedeckt werden kann, muss die CBAM-Verordnung angepasst und nach anderen praktikablen Lösungen gesucht werden – zum Beispiel in Form einer mindestens vorübergehenden Beibehaltung der freien Zuteilung von Emissionsrechten.
- **Bürokratieabbau und Reportingauflagen:** Die Belastung durch bürokratische Anforderungen sollte vor der vollständigen Umsetzung in 2026 reduziert werden. Dafür könnte ein CBAM-Self-Assessment-Tool vor allem kleinen und mittleren Unternehmen pragmatisch dabei helfen, ihre Betroffenheit zu erkennen. Das CBAM-Übergangsregister sollte von IT-Fehlern bereinigt und die Anzahl der Pflichtdatenfelder reduziert werden. Außerdem könnte die Mindestschwelle für Reportingauflagen angehoben werden, um KMU zu entlasten.
- **Adressierung der Exporte:** Ein Bepreisungsmechanismus, der die grauen CO₂-Emissionen von heimischer Produktion und eingeführten Produkten umfasst, muss auch Wettbewerbsnachteile der europäischen Industrie auf Exportmärkten verhindern und effektiv die Wettbewerbsfähigkeit für CBAM-Produkte und Downstream-Produkte sicherstellen. Hierfür sollte schnellstmöglich eine WTO-konforme Lösung gefunden werden, um die durch die Abschmelzung freier Zuteilungen verursachte Verteuerung außereuropäischer Exporte zu adressieren. Ein bereits vorgeschlagener möglicher Mechanismus für EU-ETS-Sektoren wäre die Ex-post-Erstattung des mit dem Export verbundenen Anteils der entgangenen freien Zuteilung. Zur Vermeidung von Umgehungsstrategien wie Resource Reshuffling und zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Exporten und im Binnenmarkt verkauften Produkten sollte ein effektives CO₂-Monitoring aufgesetzt werden.²³¹
- **Internationale Zusammenarbeit:** Um CBAM-Umgehungen zu bekämpfen, ist eine effektive internationale Zusammenarbeit erforderlich. Diese sollte durch sektorale Abkommen, den Klimacub und internationale Standards gestärkt werden. Eine globale Transformation der Industrie kann durch kooperative sektorale Anstrengungen ermöglicht werden. Ein Klimacub könnte große Volkswirtschaften einbeziehen und den globalen Wissensaustausch über die Senkung von Emissionen fördern. Entscheidend für die Minderung des Carbon-Leakage-Risikos wird eine effektive internationale Zusammenarbeit beim Klimaschutz sein, die auf mittlere Sicht zu konvergierenden Klimaschutzvorgaben in den wichtigsten Industriestaaten (d. h. mindestens den G20-Ländern) führt.

²³⁰ Artikel 30 der EU-Regulierung 2023/956 (siehe EU-Kommission [2024b]).

²³¹ Agora Industry (2022).

5.3 Deutschland muss sich neue Wachstumsquellen erschließen

Um Quellen für neues Industriewachstum erschließen zu können, muss sich Deutschland erfolgreich in einigen entscheidenden Zukunftsmärkten positionieren. In den nächsten Jahren entstehen durch Klimatransformation, Digitalisierung, Gesundheit und andere Trends weltweite Billionenmärkte. In mehreren davon – vor allem rund um Antriebs-, Energie-, Molekül- und Wärmewende, Digitalisierung und Automatisierung sowie im Gesundheitswesen – haben deutsche Unternehmen gute Startvoraussetzungen (siehe Kapitel 3.2). Um diese in einem immer wettbewerbsintensiveren Umfeld in neue heimische Wertschöpfung und Beschäftigung zu übersetzen, sollte die Politik Unternehmen in diesen Sektoren mit den richtigen Rahmenbedingungen den Weg ebnen. Dafür sollte sie durch eine konsequente Umsetzung der deutschen Klimawende den heimischen Markt für grüne Technologien stärken und mit gezielter(er) Innovationsförderung Unternehmen in Deutschland bei der Entwicklung neuer Technologievorteile unterstützen. Die Ansiedlung lokaler Produktion in diesen neuen Technologien ist wichtig, um erforderliche Klimainvestitionen

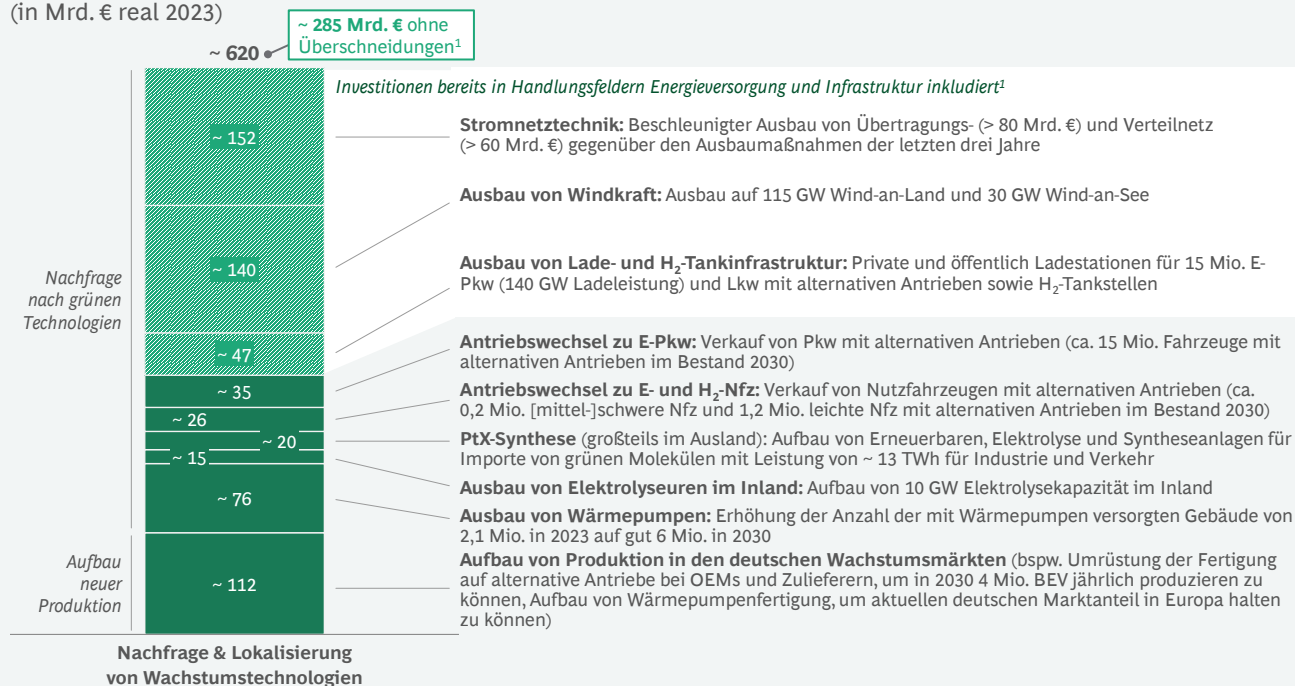
nen auch in hiesige Wertschöpfung zu übersetzen – für eine Exportnation wie Deutschland wird das jedoch immer auch mit dem Ziel verbunden sein, überzeugende Produkte für den Weltmarkt zu entwickeln. Dabei müssen der deutsche und der europäische Regulator eine Antwort finden, die sich dem zunehmenden Wettbewerb durch internationale industriepolitische Interventionen stellt und gleichzeitig deutsche Exportinteressen vor einer drohenden Protektionismusspirale schützt. Aufgrund größerer globaler Exportanteile sind deutsche Unternehmen von protektionistischen Maßnahmen stärker betroffen als ihre Wettbewerber in den meisten anderen Ländern. Neben der Ansiedlung neuer Wertschöpfung muss die Ausweitung von Freihandelsabkommen und möglichst fairen Wettbewerbsbedingungen daher eine Priorität deutscher Politik bleiben.

Deutschland kann bis 2030 ca. 600 Mrd. Euro in Wachstumstechnologien investieren

ABBILDUNG 97 | Kumulierte Mehrinvestitionen in Nachfrage nach grünen Technologien 2024 – 2030

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030

(in Mrd. € real 2023)



1. Netztechnik, Windkraft und Ladeinfrastruktur sind Wachstumsmärkte, aber zugleich essenziell für Energieversorgung bzw. Infrastrukturausbau
Quelle: Analyse BCG und IW

5.3.1 Deutschland sollte die heimische Nachfrage nach grünen Technologien stärken

Die Umsetzung von Deutschlands aktuellen Klimazielen bedeutet ein gigantisches Investitionsprogramm in klimafreundliche Technologien und Infrastruktur.

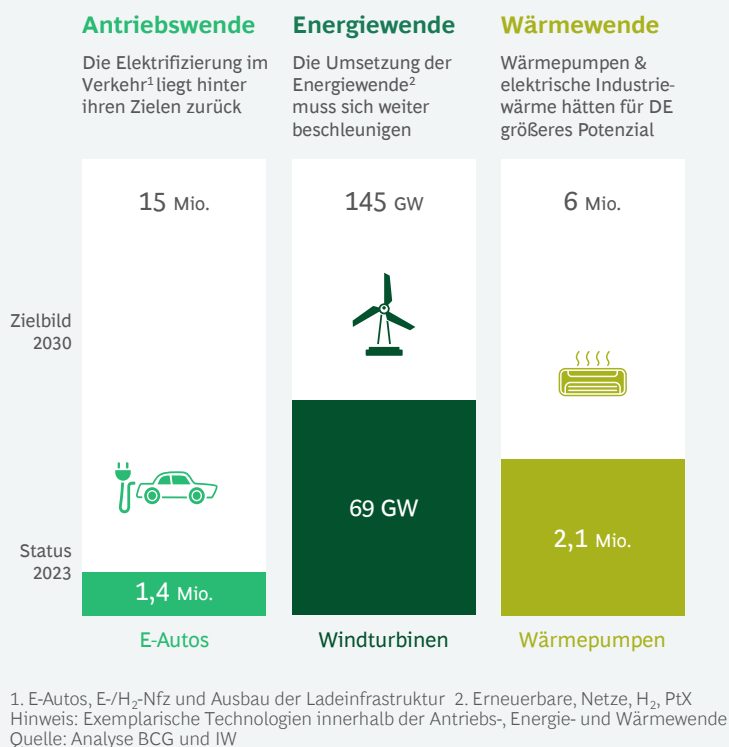
Allein in den für Deutschlands mittelfristiges Industriegrowth wichtigsten Schlüssel- und Zukunftstechnologien erfordert die Erreichung der aktuellen Ziele bis 2030 Mehrinvestitionen von über einer halben Billion Euro (siehe Abbildung 97). Damit diese Investitionen fließen, muss sich die Dekarbonisierungsdynamik in allen Sektoren erheblich beschleunigen (siehe Abbildung 98).

Die konsequente Umsetzung der Klimawende würde einen erheblichen Beitrag dazu leisten, deutschen Technologieunternehmen einen Startvorteil zu verschaffen. Die mittelfristige Wachstumsperspektive der deutschen Industrie insgesamt hängt maßgeblich vom Markterfolg deutscher Unternehmen in klimafreundlichen Technologien ab. Die Elektromobilität entscheidet über die Zukunft des deutschen Automobilsektors. Die Wachstumschancen großer Sektoren wie des Maschinen- und Anlagenbaus und der Elektro- und Digitalindustrie entscheiden sich vor allem an grünen Technologien. Ein stärkerer europäischer und deutscher Heimatmarkt in diesen Technologien würde Unternehmen für Sektoren eine bessere Chancen zur Entwicklung neuer Technologievorsprünge eröffnen, mit denen sie sich dann auch am Weltmarkt behaupten können. Mit einer konsequenteren Umsetzung der deutschen und europäischen Klimawende würde die Politik die Wachstumsperspektive dieser Sektoren deshalb erheblich verbessern und durch die engen Wertschöpfungsgewebe in Deutschland indirekt auch positive Effekte für vorgelagerte Sektoren auslösen.

Deutschland sollte daher – auch aus industriepolitischen Interesse – die erforderliche Regulierung zur Umsetzung der Klimawende beschleunigen. Deutsche Unternehmen werden in globalen Märkten für klimafreundliche Technologien nur mit einem starken Heimatmarkt im Rücken erfolgreich sein. Da sich zukünftige Weltmarktanteile in vielen dieser Sektoren schon in den kommenden Jahren entscheiden, sollte die Politik kurzfristig die richtigen Rahmenbedingungen schaffen, um vor allem Antriebs-, Energie- und Wärmewende erheblich zu beschleunigen. Dafür sollte Deutschland für Nutzer dieser Technologien deutlich attraktivere Rahmenbedingungen schaffen und grüne Technologien

Grüne Technologien müssen beschleunigt werden

ABBILDUNG 98 | Ziele und Status beim Erreichen des Hochlaufs exemplarischer Zukunftstechnologien



in allen Sektoren wettbewerbsfähig mit fossilen Alternativen machen. Zu diesem Zweck sind neben den bereits in Kapitel 5.1.1 adressierten wettbewerbsfähigen Energiepreisen auch technologiespezifische Instrumente notwendig (siehe Abbildung 99).

- **Deutschland sollte die Elektrifizierung des Verkehrssektors beschleunigen.** Um zukünftig auch bei elektrischer Mobilität vor allem mit chinesischen Wettbewerbern konkurrieren zu können, müssen deutsche Hersteller ihre Marktanteile bei Elektrofahrzeugen so schnell wie möglich steigern. Ein starker europäischer und deutscher Heimatmarkt böte eine wichtige Grundlage, um Produktverbesserungen und Skalierung für heimische und globale Märkte zu ermöglichen. Hierzu sollten mehrere Instrumente abgestimmt eingesetzt werden: Zunächst muss Planungssicherheit zu Instrumenten wie der CO₂-Bepreisung hergestellt und die Flottenregulierung erhalten bleiben.²³² Zweitens sollte die lokale Produktion durch Stärkung des Standorts

²³² Mit Blick auf die weiterhin nicht absehbare Verfügbarkeit von ausreichend synthetischen Kraftstoffen, die begrenzte Verfügbarkeit von Biokraftstoffen und die hohe Nachfrage nach unverzichtbaren alternativen Kraftstoffen aus Luft- und Schifffahrt sowie der Chemie muss die Elektromobilität bei Pkw eine zentrale Rolle einnehmen. Dennoch müssen auf EU-Ebene auch für Pkw die regulatorischen Weichen für einen schnellen Hochlauf erneuerbarer Kraftstoffe zur Defossilisierung des Bestands gestellt werden. Siehe auch die Studie des PIK (2023).

Durch die Umsetzung der Klimawende stärkt Deutschland Wachstumsmärkte

ABBILDUNG 99 | Instrumente für die Stärkung der Nachfrage nach grünen Technologien

Instrumente zur Nachfragesteigerung in den deutschen Wachstumsmärkten

	Aus Antriebswende			Aus Energiewende				Aus Wärmewende	
	E-Pkw	E-/H ₂ -Lkw	Ladeinfrastr.	Windkraft	Netztechnik	Elektrolyseure	PtX-Synthese	Wärmepumpen	Industr. Elektr.
Klimapfade 2.0 Forderungen	Höhere CO ₂ -Bepreisung (bspw. ETS 2)								
	Reform der Energiesteuer								
	Nachfrageanreize für private E-Pkw	CO ₂ -basierte Lkw-Maut	Förderung NFZ Ladeinfra. inkl. H ₂	Bundesweite Flächenquoten	Anreize zur Nachfrageflexibilisierung	Öffentliche Doppelauktion (H2Global)	Öffentliche Doppelauktion (H2Global)	Umlagenbefreiung Strom	Umlagenbefreiung Strom
			Förderung öffentl. Pkw Ladeinfra.	Schnellere Verfahren	Netzausbau-Turbo ¹ (NABEG 2.0)	Finanz. Förder. (EU-H2-Bank-Aktionen)	PtX-Quoten	EE-Gebot im Neubau (GEG)	Heat Contracts for Difference
Weitere Vorschläge			Schnellere Verfahren	Erhöhte Auktionsvolumen		Umlagenbefreiung Strom		Investitionsförderung (BEG)	Investitionsförderung
	Flottenziele	Nachfrageanreize für Nutzfahrzeuge	Schärfung Zielbild 2030	Höhere Ausbauziele	Schnellere Verfahren	Grüne H ₂ -Quote (bspw. RED III)	Kraftstoffumlage (Gegenfinanzierung)		Flexibilisierungsanreize
	Ermäßigung der Dienstwagensteuer		Startinfrastruktur Nutzfahrzeuge						Sozialisierung Netzananschlusskosten
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Nachfrageanreize für alternative Antriebe (Pkw & Lkw) wieder einführen			Masterplan 2.0 weiterentwickeln & Förderungen ausbauen & verstetigen		Osterpaket konsequent umsetzen & Förderung verstetigen		H2-Bank-Fördertopf verstetigen, Importpartnerschaften aufsetzen, Doppelauktionen mit verursachergerechter Finanzierung	
								GEG konsequent umsetzen, Förderungen verstetigen	

- **Deutschland sollte die „Molekülwende“ beschleunigen.** Deutschland verfügt über eine Reihe von Unternehmen mit vielversprechenden Technologien zur Produktion von Wasserstoff, PtX und auch zur Nutzung von Bioenergie. Damit diese Unternehmen sich in den kommenden Jahren eine global relevante Wettbewerbsposition aufbauen können, muss Deutschland seine eigene „Molekülwende“ beschleunigen. Das erfordert auf der einen Seite den Aufbau einer heimischen Wasserstoffwirtschaft über die Förderung von Projekten, die Schaffung von Nachfrageanreizen in wesentlichen Abnahmesektoren sowie die Umsetzung des Wasserstoff-Kernnetzes.²³⁴ Auf der anderen Seite erfordert es Unterstützung bei der Transformation des Raffinesektors, der in Deutschland zukünftig zu einem Bereitsteller nicht fossiler Kohlenwasserstoffe werden kann (siehe Exkurs: Raffinerien nach Kapitel 4.1). Anders als bei anderen Technologien wird der deutsche Heimatmarkt für Hersteller dennoch keine hinreichende Basis darstellen können, da die Produktion strombasierter grüner Moleküle in Deutschland sehr teuer ist. Aus diesem Grund sollte die Politik zusätzlich Importpartnerschaften vorantreiben und durch Instrumente wie doppelseitige Auktionen (zum Beispiel gegenfinanziert durch eine Kraftstoffumlage) unterstützen, um ausreichende Investitionsanreize für Projekte im Ausland sicherzustellen, für die sich deutsche Unternehmen als Partner positionieren können.²³⁵
- **Deutschland sollte die Wärmewende forcieren – in Gebäuden und in der Industrie.** Auch bei der Wärmewende würden deutsche Technologieunternehmen von einem starken Heimatmarkt profitieren. Für die Umstellung auf häusliche Wärmepumpen sind durch bestehende Regelungen wie Wärmepumpentarife und Investitionsförderungen bereits ausreichend Instrumente auf den Weg gebracht worden. Hier wird vor allem entscheidend sein, die Regelungen im GEG nicht weiter zu verwässern, sondern sie auf das Niveau des Jahres 2023 anzuheben und die Investitionsförderung aus dem BEG zu verstetigen.²³⁶ Um die Elektrifizierung der industriellen Prozesswärmeerzeugung zu

beschleunigen, ist darüber hinaus ein Paket an Regulierungen erforderlich, das den Einsatz nicht fossiler Energieträger wie Strom, Biomasse und Wasserstoff für Unternehmen wettbewerbsfähiger mit fossilen Brennstoffen macht (für konkrete Vorschläge siehe Kapitel 5.1.1 und 5.2.1).

5.3.2 Deutschland sollte noch stärker Innovation in Zukunftstechnologien fördern

Herausragende Forschung ist eine historische Stärke des deutschen Industriestandorts – doch zeichnet sich bei wichtigen Schlüssel- und Zukunftstechnologien zunehmender Wettbewerb ab. China hat in den vergangenen Jahren Innovationen in grünen Technologien forciert und ein Vielfaches der Anzahl deutscher Patente veröffentlicht. Bei digitalen Technologien ist der Vorsprung der USA und Chinas gegenüber Deutschland sogar noch deutlich größer (siehe Kapitel 1.3.6 und Abbildung 100). Innovation in diesen Zukunftsfeldern ist entscheidend für den langfristigen Markterfolg der Industrie.

Deutschland scheitert vor allem am Praxistransfer und an der Skalierung neuer Innovationen. In der universitären Forschung ist Deutschland auf Augenhöhe, fällt aber sowohl bei der Übersetzung wissenschaftlicher Innovationen in konkrete Patente als auch bei der Skalierung neuer Gründungsunternehmen (gemessen am eingesetzten Wagniskapital) deutlich ab. Hier hinkt Deutschland nicht nur hinter den USA, sondern auch hinter europäischen Ländern wie Frankreich, Schweden und Großbritannien hinterher.

Deutschland braucht eine Innovationsoffensive in zentralen Zukunftstechnologien³³⁷, um die Chancen heimischer Unternehmen auf neue Technologievorsprünge zu erhöhen. Dafür sind vier Hebel wesentlich (siehe Abbildung 102):

²³⁴ Auch im Ausbau der heimischen Wasserstoffwirtschaft ließen sich mit einer geringeren Dimensionierung als derzeit geplant aus Systemsicht Kosten sparen (Kapitel 5.1.1). Unabhängig davon muss sich jedoch auch hier der Ausbau gegenüber heute beschleunigen.

²³⁵ Gleichzeitig sollte eine Reform der Energiesteuer erfolgen, die diese zukünftig verstärkt am Energiegehalt und an der Nachhaltigkeit der Energieträger ausrichtet. Damit läuft die unterschiedliche steuerliche Behandlung von Benzin- und Dieselmotorkraftstoffen aus, die Steuersätze fossiler Energieträger werden vereinheitlicht und treibhausgasneutrale Energieträger mit Strom gleichgestellt.

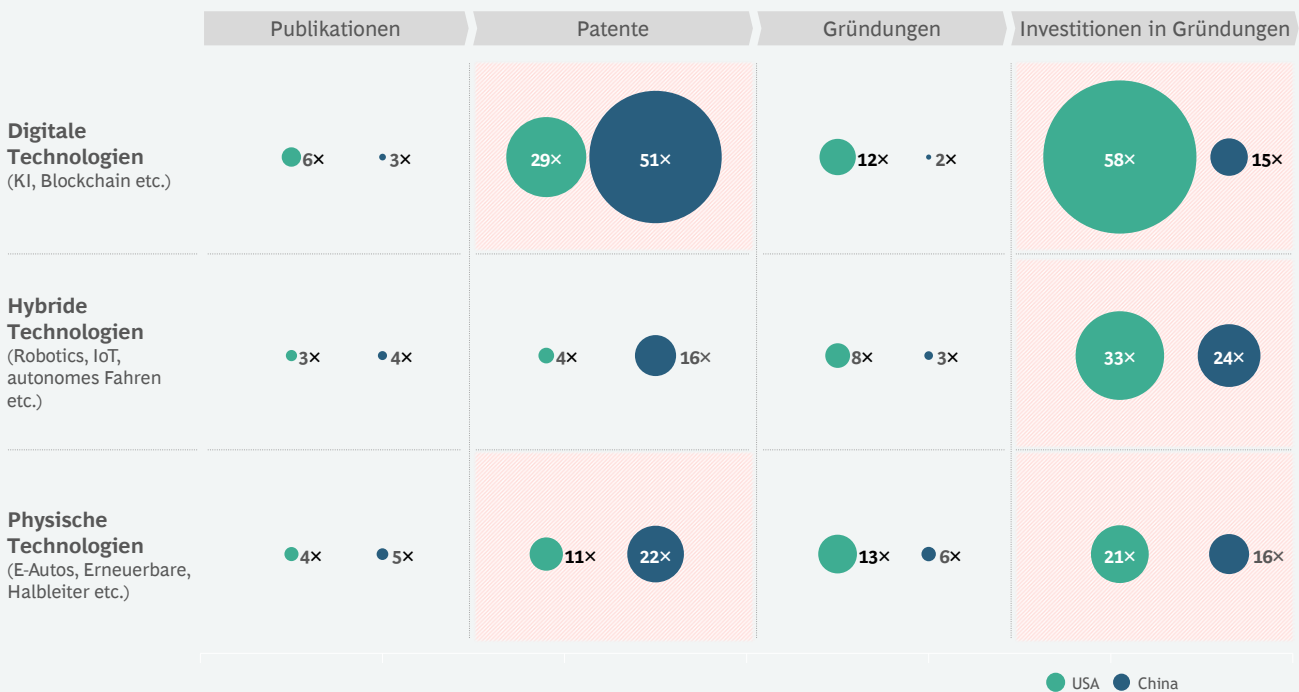
²³⁶ Zur Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor sollten neben dem Ausbau von Wärmepumpen auch die kommunale Wärmeplanung vorangetrieben sowie Gebäudesanierung und Effizienzmaßnahmen beschleunigt werden. Dazu müssen umfangreiche Investitionen in die technische Gebäudeausstattung und Gebäudehülle vorgenommen werden, die ebenfalls die lokale Wertschöpfung steigern und mit regulatorischen Anreizen wie der Umsetzung der europäischen Gebäuderichtlinie (EU Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)) vorangetrieben werden können. In diesem Kapitel liegt der Fokus auf den in Kapitel 3.2 skizzierten elf größten deutschen Wachstumsfeldern (siehe Abbildung 44), darüber hinaus gibt es aber weitere Wachstumssegmente. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

²³⁷ Die Bezeichnung „Zukunftstechnologien“ zielt hier vor allem auf Innovation in zukünftigen deutschen Wachstumsmärkten ab. Darüber hinaus ist auch in weiteren Schlüsseltechnologien, bspw. aus Gründen der Resilienz, Innovation notwendig (siehe auch Fußnote 47).

Deutschland bei Patenten und Gründungsinvestitionen hinter den USA und China

ABBILDUNG 100 | Internationaler Vergleich von Forschung und Investitionen entlang der Innovationskette

Absolute Anzahl Publikationen/Patente/Gründungen und absolute Investitionen im Verhältnis zu Deutschland



Quelle: BCG-Studie „Die Zukunftsoffensive. Wie Deutschland sein Innovationspotenzial freisetzen kann“ (2023); Analyse BCG und IW

Mehrinvestitionen von ~ 130 Mrd. Euro für mehr Gründungen und höhere F&E-Quote

ABBILDUNG 101 | Kumulierte Mehrinvestitionen für Innovation und Forschung und Entwicklung 2024 – 2030

Kumulierte Mehrinvestitionen bis 2030

(in Mrd. € real 2023)



Quelle: Analyse BCG und IW

Deutschland sollte sein erhebliches Innovationspotenzial besser ausschöpfen

ABBILDUNG 102 | Instrumente für die Stärkung der Innovation in Zukunftstechnologien

 Vision & Rahmen für zielgerichtete Innovation schaffen	 Transfer von Forschung in Wirtschaft stärken	 Förderung von Forschung & Entwicklung stärken	 Mehr Wagniskapital mobilisieren
Priorisierung einzelner langfristiger Fokusthemen/Missionen übergreifend über Legislaturperioden	Ausweitung erfolgreicher Transferstrukturen (bspw. UnternehmerTUM) auf weitere Hochschulen	Ausbau steuerlicher F&E-Förderung (bspw. Unbürokratische Superabschreibungen, Normungsförderung)	Breitere Aktivierung von Patient Capital bspw. durch Mobilisierung von Pensionsfonds
Aufbau von Kompetenzmonitoring zur Stärkung der Leistungsfähigkeit entlang der Innovationskette	Höhere wechselseitige Durchlässigkeit von ziviler und militärischer Forschung	Stärkere und langfristig verlässlichere Förderung insb. des forschenden Mittelstands durch IGF ² & ZIM ³)	Ausbau staatlicher Ko-Investitionen bspw. durch Re-Invests aus High-Tech Gründerfonds
Befähigung eines hoch angesiedelten „ Innovationsrats “ (wissenschafts-, wirtschafts- und politikübergreifend)	Erarbeitung eines effizienten DATI¹-Konzepts gemeinsam mit der Industrie & zeitnahe Vorlage Reallabore-Gesetz	Beschleunigung von Verfahren von Abbau bürokratischer Hürden	
 1999 definierte strategische Initiative „ Vision 2025 “ mit klaren Zielen zur Stärkung von Innovation in Fokustechnologien	 Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen (Sandbox, IP-Transfer, DARPA und ARPA Vehicle)	 F&E-Aufwendungen schnell steuerlich abschreibbar & 2%-Ausgabeziel öffentlicher Beschaffung in Innovation	 SEIS/EIS ⁴ in Großbritannien erlaubt Investoren, 30 – 50 % der Investitionen in junge Unternehmen steuerlich geltend zu machen

■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Deutsche Agentur für Transfer und Innovation 2. Industrielle Gemeinschaftsforschung 3. Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand 4. (S)EIS = (Seed) Enterprise Investment Scheme
Quelle: Analyse BCG und IW

- **Deutschland sollte eine Vision und einen Rahmen für Innovation schaffen – mit priorisierten Fokusthemen.** Um zielgerichtete Innovation in Deutschland voranzutreiben, sollte eine Vision mit klar definierten, legislaturperiodenübergreifenden Missionen und Fokusthemen²³⁸ entwickelt werden, die Planungssicherheit gewährleistet. Ein Beispiel für eine erfolgreiche Strategie ist Südkoreas „Vision 2025“, die Ziele zur Stärkung von Zukunftstechnologien wie Robotics, erneuerbaren Energien und Digitalisierung definiert hat. Ein unabhängiges Gremium, ähnlich dem schwedischen sektorübergreifenden „Innovationsrådet“, aus Vertretern von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik könnte auch in Deutschland die Umsetzung dieser Mission unterstützen. In Schweden ist es der Regierung gesetzlich untersagt, in die inhaltliche Arbeit dieses Rates einzugreifen, was Unabhängigkeit und Effizienz fördert. Darüber hinaus sollte ein Kompetenzmonitoring aufgebaut werden, um die Leistungsfähigkeit entlang der gesamten Innovationskette zu verbessern.
- **Deutschland muss den Transfer von der Forschung zur Wirtschaft verbessern.** Erfolgreiche Transferstrukturen, wie das Münchner „UnternehmerTUM“, sollten auf weitere Hochschulen ausgeweitet werden. Die Durchlässigkeit "zwischen militärischer und ziviler Forschung muss erhöht, die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) sollte erweitert, das Reallabor-Gesetz verabschiedet und der Aufbau der Agentur für Sprunginnovation (SPRIND) konsequent umgesetzt werden. Außerdem könnten konkrete Ausgabeziele für Innovationen in der öffentlichen Beschaffung, ähnlich wie in Frankreich, weiteren Nachfrageschub erzeugen.
- **Deutschland sollte in der Forschung weiter zur globalen Spitzengruppe gehören.** Als zentralen Aspekt der Standortsicherung sollte Deutschland seine Forschungsaktivitäten weiter ausbauen. Dafür wäre es erforderlich, die gesamten Ausgaben für Forschung & Entwicklung in Deutschland auf mindestens 3,5 % des BIP zu erhöhen, womit Deutschland im europäischen Vergleich führend vor Schweden (3,3 %) und global gleichauf mit den USA wäre.

²³⁸ Mögliche Fokusthemen könnten die in Kapitel 3.1 definierten Wachstumsmärkte in der Antriebswende (alternative Antriebe, autonomes Fahren, Ladeinfrastruktur), Energiewende (Windkraft, Netztechnik, H₂-Technologien, PtX-Synthesetechnologien), Wärmewende (Wärmepumpen, industriellen Elektrifizierung), Digitalisierung und industriellen Automation (Automation und Robotics, künstliche Intelligenz) sowie im Gesundheitswesen sein.

Das entspricht der aktuellen Ambition der Bundesregierung (bis 2025). Anreize hierfür könnten durch einen Ausbau der Förderprogramme IGF (Industrielle Gemeinschaftsforschung) und ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) sowie weiterer steuerlicher F&E-Förderung erfolgen.²³⁹

- **Deutschland muss mehr Wagniskapital mobilisieren.** Um insbesondere die Skalierung von Start-ups zu unterstützen, ist mehr Wagniskapital erforderlich. Dafür könnten etwa Patient Capital aus Pensionsfonds aktiviert, steuerliche Förderungen analog internationalen Beispielen erweitert²⁴⁰ und öffentliche Co-Investitionen ausgebaut werden – beispielsweise durch eine Reinvestition der Einnahmen des High-Tech Gründerfonds. Zusätzlich sollte größere Transparenz über bereits existierende Förderinstrumente für Start-ups von Bund und Ländern hergestellt werden.
- **Es sollte ein innovationsfreundliches Umfeld geschaffen werden.** Eine Voraussetzung für die Entwicklung innovativer Technologien ist neben der Verfügbarkeit von Rohstoffen auch diejenige von Chemikalien. Aktuelle Diskussionen wie die zur Beschränkung von PFAS können – bei Nichtverfügbarkeit geeigneter Alternativen sowie bei fehlender Planungssicherheit (beispielsweise zu Grenzwerten und zeitlicher Umsetzung) – ein Hemmnis für die Transformation darstellen.²⁴¹ Für ein innovationsfreundliches Umfeld sollte daher Klarheit geschaffen und ein mit der Industrie abgestimmter und risikobasierter Regulierungsansatz gefunden werden.

5.3.3 Die Politik sollte in ausgewählten Wachstumsbranchen aktiv die Lokalisierung neuer Produktion unterstützen

In dieser Dekade werden in vielen wichtigen Zukunftsmärkten wegweisende Standortentscheidungen getroffen. Der Ausgang dieser Entscheidungen wird das Wachstumspotenzial der deutschen Industrie fundamental beeinflussen – nicht nur in den nächsten zehn

Jahren, sondern weit darüber hinaus. Deutschland hat daher ein großes Interesse, dass möglichst viele dieser Entscheidungen zugunsten hiesiger Standorte getroffen werden.

Deutschland steht im industriepolitischen Wettbewerb mit anderen großen Volkswirtschaften. Neben attraktiven Rahmenbedingungen spielen bei Standortentscheidungen auch industriepolitische Anreize eine immer größere Rolle. Geopolitische Wettbewerber wie die USA und China – aber auch einige europäische Nachbarn – unterstützen die Ansiedlung heimischer Produktion durch direkte Subventionen, Steuererleichterungen oder indirekt über „Local-Content-Anreize“. Schlüssel- und Zukunftstechnologien im Rahmen der Klimatransformation stehen dabei besonders im Fokus (siehe Abbildung 103).²⁴²

Deutschland muss in diesem Wettbewerb eine Antwort finden – und sollte in ausgewählten Technologien selbst die Lokalisierung neuer Produktion unterstützen. In den meisten Sektoren sind die wichtigsten Argumente für Investitionen in neue Produktionskapazitäten an deutschen Standorten grundsätzlich attraktive Standortbedingungen (für alle Sektoren), eine wachsende lokale Nachfrage (zum Beispiel in vielen Klimaschutztechnologien) und starke lokale Forschung und Innovation (zum Beispiel in Pharma). Die Stärkung des Standorts im Allgemeinen (siehe Kapitel 5.1), die Beschleunigung der deutschen Klimawende (siehe Kapitel 5.2 und 5.3.1) und die Stärkung des deutschen Forschungsstandorts (siehe Kapitel 5.3.2) sind daher Grundvoraussetzungen, um der deutschen Industrie zu einer mittelfristigen Wachstumsperspektive zu verhelfen. Dennoch befindet sich Deutschland in einem unfairen Wettbewerb, dem es sich stellen sollte.²⁴³ In ausgewählten Technologien mit einem positiven Wachstumsausblick sollte Deutschland deshalb selbst die Lokalisierung heimischer Produktion unterstützen, um sicherzustellen, dass neue Wertschöpfung tatsächlich hierzulande entsteht.²⁴⁴ Dabei gilt es im Spannungsfeld global zunehmender industriepolitischer Interventionen und fortbestehender deutscher Exportinteressen maßvoll zu agieren: Einerseits muss Deutschland Antworten auf einen in Teilen unfairen Wettbewerb finden – doch sollten sich andererseits

²³⁹ Verdopplung der Mittel für IGF und ZIM.

²⁴⁰ Erfolgreiche Modelle wie das (Seed) Enterprise Investment Scheme ([S]EIS) in Großbritannien, bei dem Investoren 30 – 50 % der Investitionen steuerlich geltend machen können, können Vorbild sein.

²⁴¹ Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) werden in einer Vielzahl von Anwendungen benötigt, bspw. Brennstoffzellen, Lithium-Ionen-Batterien, Wasserstoffelektrolyseuren oder Wärmepumpen.

²⁴² In den USA wird der Aufbau von Fertigung in mehreren klimafreundlichen Technologien mit bis zu 30 % direkten Subventionen (Section 48C) und zusätzlichen Local-Content-Anreizen für Elektromobilität sowie Windkraft gefördert. Transparenz über chinesische Subventionen ist zwar geringer, doch je nach Studie sind die durchschnittlichen Industriesubventionen dort drei- bis neunmal höher als in großen EU-/OECD-Ländern. Besonders die grünen Technologien E-Mobilität, Windkraft und Elektrolyseure werden als strategisch relevant eingestuft. Auch innereuropäisch wird die Ansiedlung dieser Technologien im Rahmen des EU Temporary Crisis Framework von einigen Ländern mit bis zu 35 % Subventionen gefördert, beispielsweise in Polen, Frankreich und den Niederlanden.

²⁴³ Das Beispiel Photovoltaik zeigt die möglichen Konsequenzen dieses Wettbewerbs. Deutschland hat erhebliche Summen investiert, um Nachfrage nach Solarmodulen zu schaffen. China hat stattdessen heimische Produktion subventioniert und im Ergebnis eine dominante Marktstellung aufgebaut (siehe Exkurs: Photovoltaik).

²⁴⁴ Dies sollte in Abstimmung mit der EU, unter Berücksichtigung von WTO-Vorgaben und in Abwägung wichtiger Handelsinteressen geschehen.

solche Antworten auf wenige, klar definierte Märkte beschränken, wo dies möglich ist, im europäischen Rahmen stattfinden und mit übergeordneten Zielen wie der Absicherung von Souveränität, erhöhtem Umweltschutz oder anderen einhergehen. So sollten die Stärkung von Standortbedingungen (beispielsweise durch schnelle Genehmigungsverfahren) oder indirekte qualitative Förderkriterien klar bevorzugt werden gegenüber protektionistischen Maßnahmen. Im Idealfall würde dafür eine europäische Lösung gefunden werden.

- **Beschleunigte Genehmigungsverfahren für neue Produktion** zur Vereinfachung von Investitionen sind unumgänglich und wären am wenigsten kontrovers, im industriepolitischen Wettbewerb sind sie jedoch an vielen Stellen unzureichend.
- **Direkte Subventionen und Steueranreize** für Investitionen in neue Produktionsanlagen ausgewählter Schlüssel- und Zukunftstechnologien wären wahrscheinlich ein effektiver Hebel zur Beeinflussung einmaliger Standortentscheidungen

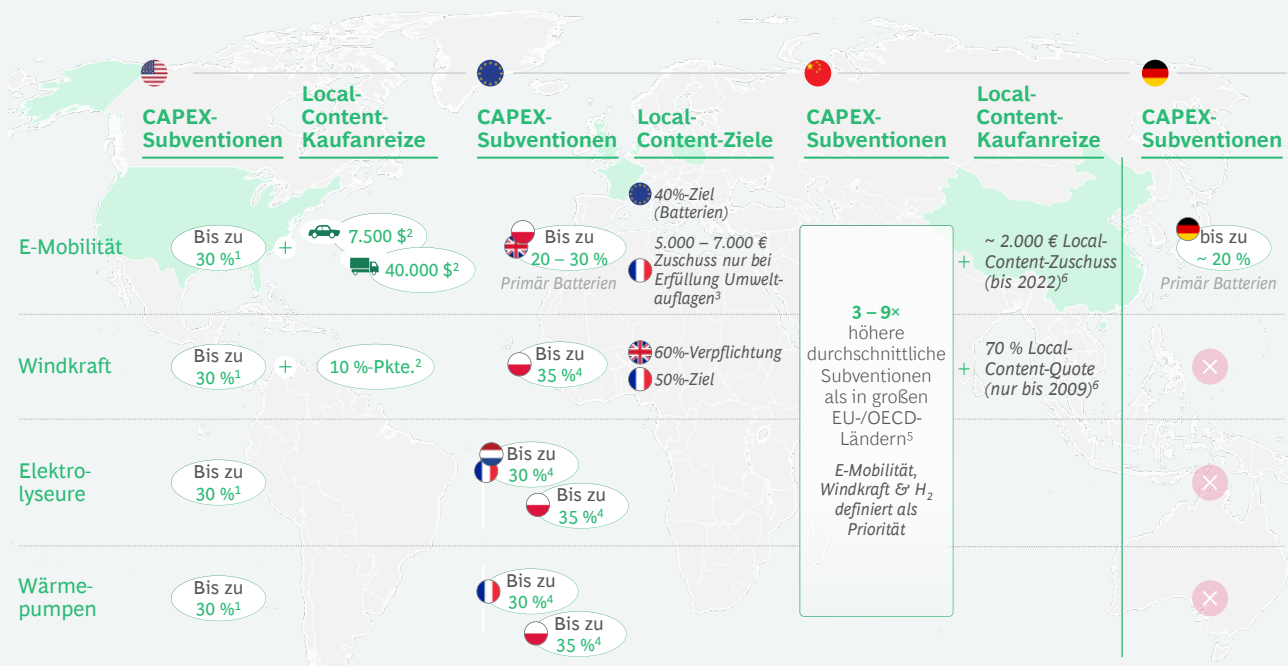
– zum Beispiel für den Aufbau der zukünftigen Wärmepumpenproduktion für den deutschen Markt.²⁴⁵ Wichtig ist dabei die auf längere Sicht eigenständige ökonomische Perspektive dieser Technologien (wie beispielsweise bei der Batterieproduktion durch eine enge Verknüpfung mit einer starken deutschen Automobil- und Chemieindustrie), um eine Dauersubventionierung zu verhindern. Auch hier sind gezielte Förderung und erforderlicher Innovationswettbewerb sorgsam gegeneinander abzuwägen.

- **Indirekte qualitative Präqualifikations- und Ausschreibungskriterien** wie beispielsweise ergänzende Umweltauflagen oder Anforderungen an Cybersicherheit könnten die heimische Produktionsförderung einiger Industrien (beispielsweise in der Offshore-Windkraft) mit übergeordneten Zielen verknüpfen und vor allem in der ersten Hochlaufphase inländischen Unternehmen gute Startbedingungen ermöglichen - ohne andere Wettbewerber – kategorisch auszuschließen. Hierbei sollte eine

²⁴⁵ Analog zu den polnischen staatlichen Förderprogrammen für Wärmepumpen, Windkraft und Solarenergie.

Deutschland braucht eine Antwort im Wettbewerb um Zukunftstechnologien

ABBILDUNG 103 | Übersicht internationaler Subventionen für Produktionsaufbau in Zukunftsmärkten



1. Bis zu 30 % Subvention für Aufbau von Fertigungsanlagen grüner Technologien (Section 48C) 2. Förderung für Kauf lokal gefertigter Produkte 3. Umweltkriterien (bspw. CO₂-Fußabdruck bei der Produktion) Voraussetzung für Umweltbonus 4. Förderung abhängig von Unternehmensgröße und Region gemäß EU Temporary Crisis Framework und teilweise nur bis zu bestimmter Maximalsumme (bspw. bis zu 50 Mio. € in den Niederlanden) 5. In Relation zum BIP; 6. Aktuelle Förderung (ca. 4.000 € für Pkw und bis zu 100.000 € für Nutzfahrzeuge) hat keine explizite Local-Content-Komponente mehr – fördert aber implizit lokale Produktion

Quelle: EU; OECD; IfW Kiel; Analyse BCG und IW

europaweit einheitliche Lösung gefunden werden, um eine Segmentierung des Binnenmarktes zu vermeiden.

- **Direkte Local-Content-Kriterien** entsprechend den Regelungen im Inflation Reduction Act (IRA) würden ebenfalls den Aufbau heimischer Produktion anreizen, diese Produktion aber außerdem von internationalem Wettbewerb abschirmen – mit negativen Folgeeffekten für den globalen Marktzugang deutscher Exporteure.
- **Handelspolitische Instrumente** wie Anti-Dumping- oder Anti-Subventions-Maßnahmen auf EU-Ebene würden vor allem hiesige Produzenten von internationalem Wettbewerb abschirmen – mit nahezu sicheren negativen Folgeeffekten für Exporteure.

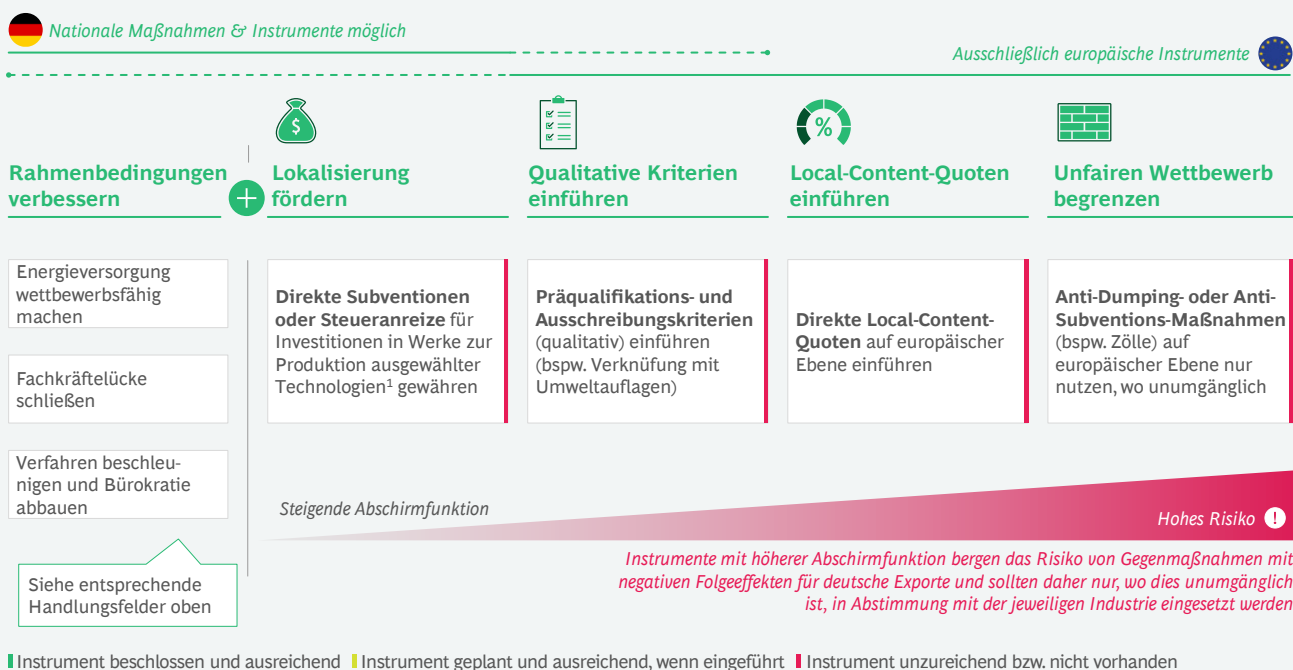
5.3.4 Der Regulator sollte Exporteuren möglichst freien internationalen Marktzugang sichern

Deutschland ist eine der führenden Handelsnationen mit dem größten europäischen Außenhandelsüberschuss. Produkte deutscher Unternehmen sind auf der ganzen Welt gefragt. Mit über 200 Milliarden \$ erzielt Deutschland daher den größten Exportüberschuss aller europäischen Länder und den zweitgrößten auf der Welt. Ein wichtiger Treiber für diese Entwicklung war in der Vergangenheit auch ein deutlich steigender Exporterfolg in Regionen außerhalb Europas – seit über zehn Jahren gehen 50 % der deutschen Industrieausfuhren in Nicht-EU-Märkte.

Deutschland ist bereits heute eines der Länder mit den freiesten Marktzugängen auf der Welt – dennoch sollte die Politik den Freihandel weiter stärken. Um den deutschen Exporterfolg fortzusetzen, benötigen Unternehmen einen möglichst großen, frei zugänglichen Weltmarkt. Dieser könnte gleichzeitig helfen, in Zeiten schwelender Handelskonflikte die Abhängigkeit der deutschen Industrie von China und den USA zu

Deutschland sollte sicherstellen, dass sich Nachfrage in heimische Produktion übersetzt

ABBILDUNG 104 | Instrumente zur Förderung der Lokalisierung neuer Produktion



1. Insb. Windkraft, Wärmepumpen, Elektrolyseure, E-Mobilität
Quelle: Analyse BCG und IW

reduzieren – den beiden größten einzelnen Absatzmärkten deutscher Unternehmen. Die Politik sollte hierbei mehrere Ansätze verfolgen:

- **Existierende Freihandelsabkommen einfacher nutzbar machen:** Aktuell werden Zollpräferenzen innerhalb bestehender Handelsabkommen durch hohe bürokratische Aufwände nur in rund 60 % der Fälle tatsächlich genutzt.²⁴⁶ Um diese Hürden zu beheben, sollten insbesondere bei zukünftigen Handelsabkommen sowie bei deren Modernisierung die Ursprungsregeln vereinheitlicht und, wo dies möglich ist, vereinfacht werden. Lieferantenerklärungen, Ursprungsnachweise und -kalkulationen sollten digitalisiert und entbürokratisiert werden. Besonders dem Mittelstand sollten außerdem präzisere produktspezifische Informationen zur Verfügung gestellt werden.
- **Abschluss weiterer Freihandelsabkommen:** Einige stark wachsende (Schwellen-)Länder stellen schon heute große deutsche Absatzmärkte dar und werden zukünftig weiter an Relevanz gewinnen.²⁴⁷ Deutschland sollte auf den Abschluss zusätzlicher Handelsabkommen hinwirken und abgeschlossene Abkommen zügig ratifizieren. Zusätzliche Clubmodelle für freien, regelbasierten Handel (beispielsweise Free and Fair Trade Investment Clubs) können ein weiteres Vehikel sein.
- **Anpassung von Freihandelsabkommen an veränderte Güter und Dienstleistungen:** Existierende und neue Handelsabkommen sollten auf veränderte Güter und Dienstleistungen sowie technologische Entwicklungen eingehen. Für handelbare Güter und Dienstleistungen der Zukunft – wie CO₂-arme Moleküle, Kohlenstoff, E-Autos, aber auch Daten – müssen internationale Regeln geschaffen werden.

²⁴⁶ Innerhalb der EU hat Deutschland eine der niedrigsten Präferenznutzungsraten. Zollpräferenzen wurden 2021 von deutschen Unternehmen nur in ca. 60 % der Fälle (Platz 22 von 27, EU-Durchschnitt: 67 %) in Anspruch genommen. Das bedeutet, dass bei 40 % des Außenhandels mit Ländern mit bestehenden Freihandelsabkommen WTO-Zölle anstelle der dort vereinbarten guten Handelskonditionen zur Anwendung kommen. Gründe für die niedrigen Nutzungsraten sind v. a. hohe bürokratische Aufwände und Kosten (insb. beim Nachweis der Ursprungserbringung), unterschiedliche Regeln in verschiedenen Freihandelsabkommen und fehlende Kapazitäten (BDI [2022b]).

²⁴⁷ Beispielsweise die Vereinigten Arabischen Emirate, Saudi-Arabien, Malaysia und Thailand.

Deutschland sollte Exporteuren einen möglichst freien Marktzugang sichern

ABBILDUNG 105 | Instrumente für den Ausbau des fairen Freihandels



■ Instrument beschlossen und ausreichend ■ Instrument geplant und ausreichend, wenn eingeführt ■ Instrument unzureichend bzw. nicht vorhanden

1. Freihandelsabkommen 2. U. a. durch bessere Kommunikation zwischen EU, Staaten, Zollbehörden und Wirtschaft 3. Bspw. neben Abbau von Zöllen auch Abbau technischer Handelshemmnisse
Quelle: BDI-Positionspapier „Nutzungsdaten von EU-Freihandelsabkommen“; Analyse BCG und IW

5.4 Deutsche und europäische Industriepolitik muss gemeinsam gedacht werden

Deutschland teilt einen Großteil der beschriebenen Herausforderungen mit seinen europäischen Nachbarn. Zwar hat Deutschland aufgrund seiner traditionell engen Lieferbeziehungen zu Russland und relativ hoher fossiler Energieanteile stärker als andere Länder unter der Energiekrise gelitten, steigende Energiekosten haben der industriellen Wettbewerbsfähigkeit allerdings in den meisten europäischen Ländern geschadet. Ebenso stehen Industrieunternehmen europaweit vor den Herausforderungen einer zunehmenden EU-Bürokratie, ungünstiger Demografieentwicklung und wachsender geopolitischer Spannungen, die Lieferketten unter Druck setzen.

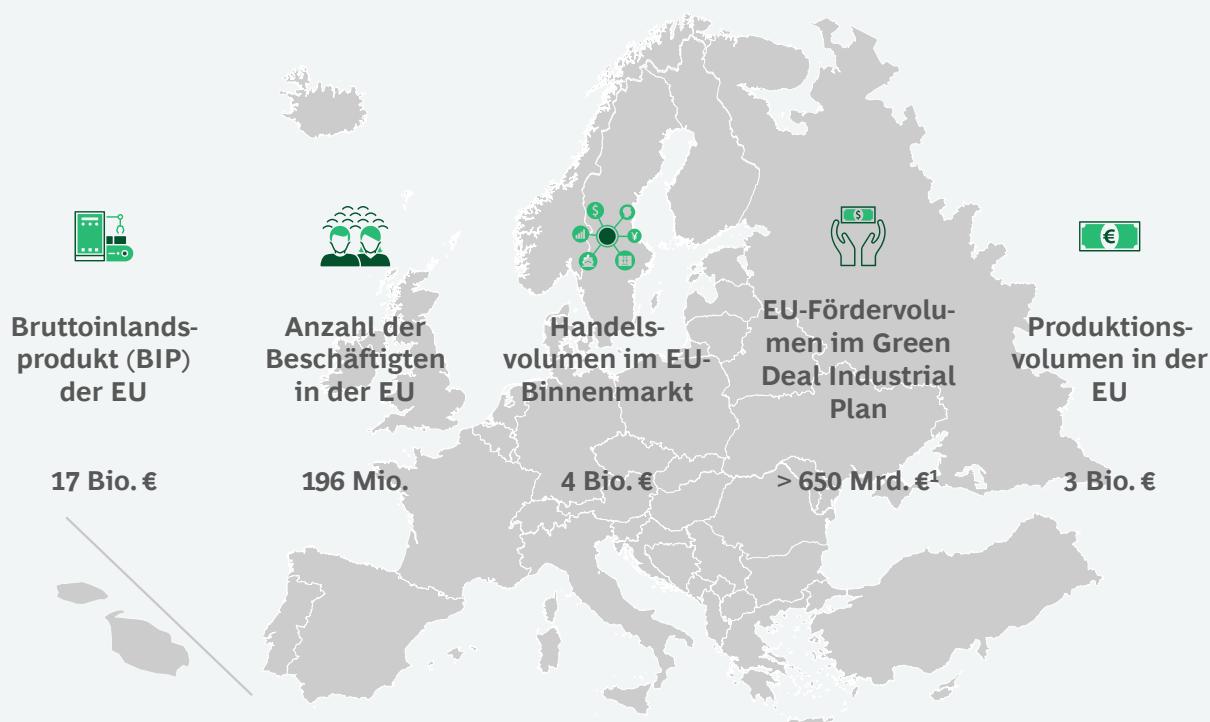
Gleichzeitig eröffnet der EU-Binnenmarkt zentrale Hebel zur Adressierung dieser Herausforderungen – und viele davon sind nur durch europäische Ansätze lösbar. Die Einbettung in den EU-Binnenmarkt mit einem Handelsvolumen von rund 4 Bio. Euro (siehe Abbildung 106) ist eine zentrale Stärke des deutschen

Industrie- und Wirtschaftsstandorts. Deutsche Industriepolitik ist aus diesem Grund nur in einem europäischen Kontext denkbar. Gleichzeitig ist Deutschland in vielen Bereichen stark von EU-Recht abhängig – nicht zuletzt in der Klimapolitik, in der viele Rahmenbedingungen auf europäischer Ebene wirken. Aus diesem Grund müssen viele der beschriebenen Handlungsfelder mindestens auch auf europäischer Ebene ansetzen.

- **Energieversorgung wettbewerbsfähig machen:** Bereits heute stärkt die EU mit einer grenzüberschreitenden Energieinfrastruktur und einem europäischen Energiemarkt die gemeinsame Versorgung. Die Verzahnung des EU-Energiebinnenmarktes sollte beim Ausbau von Strom-, Wasserstoff- und CO₂-Netzen weiter vorangebracht werden, um kosteneffiziente Versorgungssicherheit zu stärken. Für diesen Auf- und Ausbau von Energieinfrastrukturen bedarf es intensiverer Koordination auf EU-Ebene. Zudem muss auch in anderen Ländern das Angebot auf dem Strommarkt ausgeweitet werden, nicht zuletzt durch schnellere Planungs- und Genehmigungsverfahren, um so europäische Energiepreise in Summe zu senken.

Der europäische Binnenmarkt ist ein wesentlicher Rahmen für die deutsche Industrie

ABBILDUNG 106 | Kennzahlen zur Europäischen Union



1. 250 Mrd. € sind für umweltfreundliche Maßnahmen bereits im Rahmen der Recovery and Resilience Facility (RFF) verfügbar. InvestEU kann 372 Mrd. € mobilisieren (inkl. für Net-Zero-Investitionen), 40 Mrd. € im Rahmen des Innovationsfonds bis 2030
Quelle: Europäische Kommission (2023); Eurostat (2024); Analyse BCG und IW

- **Infrastruktur modernisieren und ausbauen:** Neben den Energieinfrastrukturen sind Straße, Schiene, Wasserstraßen und zunehmend E-Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur wesentliche Ermöglicher des europäischen (Handels-)Verkehrs und müssen in der gesamten EU ausgebaut werden. Vor allem der Aufbau neuer Ladeinfrastrukturen wird eine wesentliche Rolle beim Hochlauf alternativer Antriebe in Deutschland und Europa spielen und sollte daher ebenfalls auf EU-Ebene koordiniert und vorangetrieben werden.
- **Digitalisierung offensiv voranbringen:** Zur Stärkung digitaler Innovation, Kompetenzen und Anwendungen bietet die EU einen wichtigen Rahmen – etwa durch den Aufbau von EU-Datenräumen und Cybersicherheit, die den Austausch von Daten zwischen Unternehmen vereinfachen, oder durch gemeinschaftliche Förderung von KI-Innovation mit EU-Mitteln. Wichtig sind hier die Begrenzung neuer digitaler EU-Regulierungen auf das notwendige Minimum, der beschleunigte Aufbau von sektoralen EU-Datenräumen und eine europaweit einheitliche Auslegung der DSGVO, um ein gemeinsames Aufschließen zur digitalen Weltspitze zu ermöglichen.
- **Verfahren beschleunigen und Bürokratie abbauen:** Neue EU-Regulierungen waren in den letzten Jahren ein wichtiger Treiber für steigenden Bürokratieaufwand deutscher Unternehmen. Eine Initiative zur Senkung dieses Aufwands muss daher auch auf europäischer Ebene ansetzen, zum Beispiel anknüpfend an das „REFIT-Programm“.²⁴⁸
- **Fachkräftelücke schließen:** Die Arbeitnehmerfreizügigkeit innerhalb der EU ist bereits heute ein wichtiger Hebel zur Adressierung des Fachkräftemangels. Weiterbildungsprogramme wie Erasmus+ bieten weitere wichtige Ansätze, um grenzübergreifend Studierende, Auszubildende und Arbeitnehmer kontinuierlich für neue Anforderungen zu qualifizieren, zum Beispiel in Digitalisierung und Klimatechnologien.
- **Kritische Abhängigkeiten minimieren:** Der EU-Binnenmarkt kann für Deutschland eine zentrale Rolle bei der Reduktion kritischer Abhängigkeiten spielen – zum Beispiel durch ein „Friendshoring“ kritischer Vorprodukte und gemeinsame europäische Importpartnerschaften.²⁴⁹ Deutschland sollte seine Resilienzbestrebungen daher weiterhin eng mit europäischen Ansätzen verzahnen – und bei gemeinsamen Förderprogrammen wie IPCEI (aktuell etwa zu Mikroelektronik II) auf eine rasche Umsetzung der Maßnahmen sowie einen transparenten, schnellen Prozess bei der Vergabe von Subventionen hinwirken.
- **Industrietransformation und -dekarbonisierung unterstützen:** Auch für die Dekarbonisierung und den erforderlichen Anlagenaustausch in der Industrie hat die EU eine Reihe von Förderprogrammen auf den Weg gebracht, die etwa beim Hochlauf der Wasserstoffinfrastruktur oder beim Aufbau von Stahl-DRI-EAF-Anlagen zum Einsatz kommen.²⁵⁰ Die hierfür erforderlichen Verfahren sind aktuell noch sehr komplex und sollten erheblich vereinfacht und beschleunigt werden (zum Beispiel für IPCEI).²⁵¹ Zugleich könnte der Hochlauf europäischer Leitmärkte wichtige Planungssicherheit für den Ausbau grüner Grundstoffproduktion geben. Erste grüne Produktdefinitionen sollten daher in die breite Anwendung gebracht und mit europaweiten Beschaffungsquoten der öffentlichen Hand in grüne Nachfrage übersetzt werden.
- **Optionenraum für Dekarbonisierung breiter nutzen:** Mit der Industrial-Carbon-Management-Strategie hat die EU im Februar 2024 den Rahmen für eine breite Nutzung von Carbon Capture and Storage (onshore wie offshore) bereitgestellt. Mehrere europäische Länder planen oder betreiben bereits den Einsatz von CCS als weitere Dekarbonisierungsoption, etwa Polen, Dänemark, Norwegen und Frankreich. Deutschland sollte diesem Beispiel folgen – und außerdem den Aufbau einer integrierten europäischen CO₂-Wirtschaft unterstützen.
- **Kreislaufwirtschaft stärken:** Auch bei der Kreislaufwirtschaft setzt die EU bereits wichtige Rahmenbedingungen, etwa mit der EU-Ökodesign-Verordnung, der EU Packaging and Packaging Waste Regulation oder der EU-Batterieverordnung. Diese Regularien sollten weiterentwickelt und die Bereitstellung wesentlicher Grundlagen für eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft (beispielsweise digitaler Produktpass zum Tracing, rechtliche Rahmenbedingungen für verschiedene Recyclingrouten) noch stärker in den Blick genommen werden.

²⁴⁸ Gleichzeitig könnte eine stärkere 1:1-Umsetzung von EU-Recht auf nationaler Ebene bürokratische Komplexität reduzieren.

²⁴⁹ So diversifiziert die EU mit dem „Critical Raw Materials Act“ Bezugsquellen kritischer Güter, stärkt innereuropäischen Rohstoffabbau und -verarbeitung sowie die Kreislaufwirtschaft und reizt den Aufbau strategischer Reserven an. Mit dem Europäischen Chip-Gesetz (EU Chips Act) hat sich die EU zum Ziel gesetzt, bis 2030 20 % des Weltmarktanteils in der Halbleiterproduktion zu erlangen.

²⁵⁰ Hier ist weiterhin eine ausreichende Mittelausstattung sicherzustellen, etwa beim Hochlauf von Wasserstoff.

²⁵¹ Als positives Vorbild kann hier der Inflation Reduction Act der USA dienen, der einen wesentlich schnelleren und unkomplizierteren Mittelabruf ermöglicht.

- **Effektiven Carbon Leakage Schutz/Außenschutz herstellen:** Effektiver Schutz vor Carbon Leakage ist aufgrund des EU-Binnenmarktes nur auf europäischer Ebene möglich. Dafür sollte das aktuell zentrale Instrument, der CBAM, in Zusammenarbeit mit der Industrie grundlegend überprüft, überarbeitet und gegebenenfalls durch weitere Instrumente ergänzt werden.
- **Nachfrage nach grünen Technologien stärken:** Für viele deutsche Technologieunternehmen ist ein starker Heimatmarkt per Definition europäisch. Schon heute gehen große Teile des deutschen Exports in europäische Nachbarländer, allein im Maschinen- und Anlagenbau zum Beispiel mehr als die Hälfte des gesamten Exports. Um deutschen Unternehmen in grünen Zukunftstechnologien die beste Chance auf zukünftige Technologieführerschaft zu ermöglichen, sollte daher die Nachfrage nach diesen Technologien überall in Europa gestärkt werden.
- **Innovation in Zukunftstechnologien fördern:** Dank exzellenter Universitäten und Forschungszentren sowie umfangreicher Förderinstrumente wie InvestEU, Innovationsfonds und Horizon Europe bietet Europa gute Rahmenbedingungen für Innovation. Allerdings holen andere Länder und Regionen derzeit auf (siehe Kapitel 5.3.2). Um Europas Spitzenposition zu erhalten, müssen auch auf europäischer Ebene gezielte Fokusthemen gefördert, Fördermechanismen weiter vereinfacht sowie regulatorische Hürden abgebaut werden. Zudem sollte insbesondere im Vergleich mit den USA mehr privates Kapital für Zukunftstechnologien mobilisiert werden, beispielsweise durch die breitere Aktivierung von Pensionsfonds.
- **Lokalisierung offensiv voranbringen:** Mit Blick auf seine Klima-, Resilienz- und Wachstumsziele hat auch Europa insgesamt ein hohes Interesse, neue Wertschöpfung insbesondere in (grünen) Schlüssel- und Zukunftstechnologien lokal aufzubauen. Auch dafür sollte Europa den gemeinsamen Binnenmarkt und unterschiedliche Standortstärken so intensiv wie möglich nutzen, anstatt einen inner-europäischen Subventionswettlauf zu entfachen. Dafür sollten Beihilfeprüfverfahren beschleunigt werden, um sinnvolle Förderungen insbesondere in hoch innovativen und stark umkämpften Zukunftstechnologien zu ermöglichen.
- **Freihandel ausbauen:** Der innereuropäische Handel ist mit einem Volumen von rund 4 Bio. Euro (siehe Abbildung 106) bereits heute ein wichtiger Pfeiler des europäischen Wohlstands und kann in Zeiten geopolitischer Spannungen und gestörter Lieferketten einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung leisten. Darüber hinaus sollte die EU weiterhin ihre Position als einer der größten Wirtschaftsmärkte der Welt nutzen, um Freihandelsabkommen zu fördern und Handelsbarrieren abzubauen.²⁵²
- **Finanzierung als Zukunftspakt verstehen:** Die grundlegende Transformation der Industrie wird umfangreiche Mehrinvestitionen und fiskalische Ausgaben erfordern (siehe Kapitel 6). Für viele dieser Aufwendungen sollte auch auf EU-Ebene ein angemessener Rahmen geschaffen werden. Ziele zur Steigerung der Resilienz oder für den Klimaschutz bedürfen einer ausreichenden finanziellen Unterlegung von Maßnahmen der EU oder der Mitgliedstaaten. Beihilferechtliche Bewertungen sollten neben der Wettbewerbsfähigkeit des Binnenmarktes verstärkt auch die Situation auf den globalen Märkten und die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen berücksichtigen.

²⁵² Durch strategische Partnerschaften und Verhandlungen kann die EU den globalen Handel liberalisieren und gleichzeitig hohe Standards in den Bereichen Umwelt, Arbeit und Verbraucherschutz aufrechterhalten. Dies würde nicht nur den internationalen Handel stärken, sondern auch nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum fördern.





Die Finanzierung dieser Transformation wird allein bis 2030 mehr als eine Billion Euro erfordern

6.1 Die Transformation des deutschen Industriestandorts wird bis 2030 rund 1,4 Bio. Euro Mehrinvestitionen erfordern

Der Umbau des deutschen Industriestandorts erfordert eine der größten Transformationsanstrengungen seit der Nachkriegszeit.

Deutschland muss die Wettbewerbsfähigkeit seines Industriestandorts wiederherstellen – und für weiteres Industriewachstum sein „nationales Geschäftsmodell“ in weiten Teilen neu erfinden. Dafür muss Deutschland sein Energiesystem und die Anlagenbasis ganzer Sektoren umbauen, eine Klima- und Technologietransformation stemmen, seine Infrastrukturen modernisieren sowie in Bildung, Digitalisierung, Forschung, Resilienz und mehr investieren. Diese tiefgreifende Transformation wird bis 2030 umfangreiche Mehrinvestitionen²⁵³ erfordern – in Höhe von über 1.400 Mrd. Euro bis 2030 (siehe Abbildung 107).²⁵⁴ Das entspricht jährlichen Mehrinvestitionen von 200 Mrd. Euro – und damit ungefähr 5 % des deutschen Bruttoinlandsprodukts.²⁵⁵

Deutschland muss rund 850 Mrd. Euro bis 2030 investieren, um die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts wiederherzustellen. Davon entfällt der mit rund 410 Mrd. Euro größte Teil auf die Energieversorgung. Um Deutschland fit für eine klimaneutrale Zukunft zu machen, ist ein historisches Ausbau- und Umbauprogramm für Deutschlands Energieinfrastrukturen erforderlich – vor allem für den Ausbau der Stromnetze (~ 150 Mrd. Euro) und den Neubau von H₂- und CO₂-Netzen bis 2030 (~ 15 Mrd. Euro). Mehr als die Hälfte der Mehrinvestitionen für die Energieversorgung ist erforderlich, um Deutschlands Stromerzeugung umzubauen (knapp 240 Mrd. Euro). Deutschlands Stromsystem steht vor einer historischen Transformation. Es muss gleichzeitig mehr Nachfrage bedienen, Emissionen senken und günstigere Energie produzieren. Das erfordert einen erheblichen Ausbau von erneuerbarer Erzeugung (Wind: ~ 140 Mrd. Euro, PV: ~ 67 Mrd. Euro), aber auch günstiger regelbarer Leistung (z. B. Gaskraftwerke, ~ 14 Mrd. Euro).

²⁵³ Siehe „Exkurs Mehrinvestitionen, Mehrkosten und fiskalische Belastungen“ für eine Definition der berücksichtigten Mehrinvestitionen.

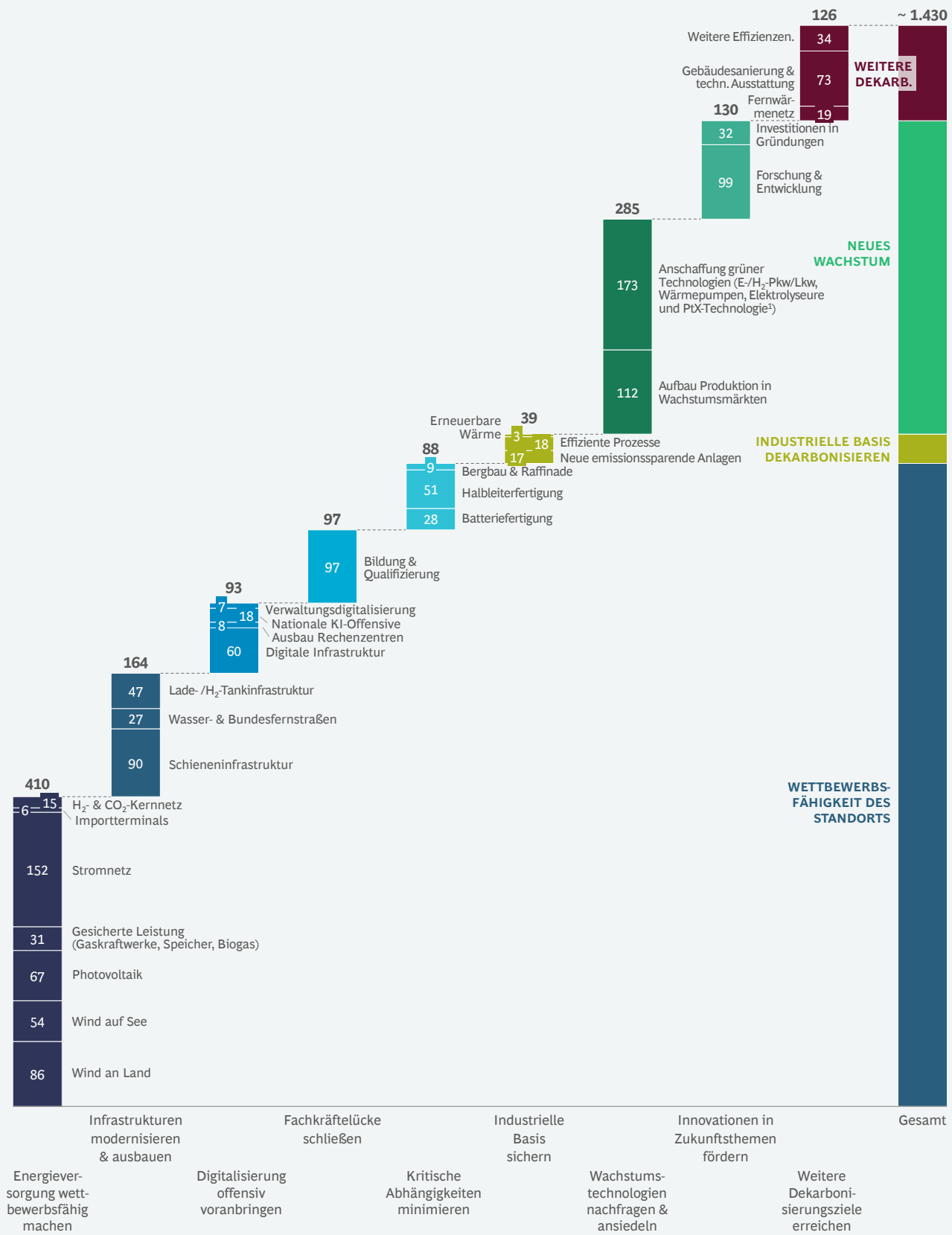
²⁵⁴ Im Vergleich zur „Klimapfade 2.0“-Studie sind in den Mehrinvestitionen dieser Studie weitere Kategorien berücksichtigt (bspw. Digitalisierung). Ein direkter Vergleich ist daher nicht möglich (siehe Kapitel 1.3.8 für eine Darstellung mit Fokus auf Klimatechnologien). Andere Studien, z. B. des BDI und des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW), weisen (unklar ist allerdings, weshalb nur IW auch ausgeschrieben wird, nicht aber BDI) ebenfalls Investitionen aus – haben dabei allerdings einen anderen Fokus und zeigen etwa nur die staatlichen Investitionen (siehe hierzu auch Exkurs „Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien“ in Kapitel 6.2).

²⁵⁵ Auf realer Basis von 2023, unter Annahme eines durchschnittlichen deutschen BIP von 4.100 Mrd. € in den Jahren 2024 – 2030.

Rund 1,4 Bio. Euro Mehrinvestitionen bis 2030 für die Transformation

ABBILDUNG 107 | Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 für die Transformation der deutschen Industrie

Kumulierte Mehrinvestitionen 2024 – 2030
(in Mrd. € real 2023)



1. Weitere grüne Technologien bereits inkludiert unter Energieversorgung, Infrastrukturen und Industrietransformation
Hinweis: Hier nur Mehrinvestitionen und nicht Gesamtinvestitionen angegeben
Quelle: Analyse BCG und IW

Über 160 Mrd. Euro sind für die Modernisierung und den Ausbau weiterer Infrastrukturen notwendig.

Deutschland muss einen erheblichen Investitionsstau in seiner Transportinfrastruktur überwinden, vor allem in Schieneninfrastruktur (~ 90 Mrd. Euro), Wasser (~ 14 Mrd. Euro) und Bundesfernstraßen (~ 13 Mrd. Euro). Zusätzlich sind signifikante Investitionen für eine flächendeckende Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie eine H₂-Tankinfrastruktur (~ 47 Mrd. Euro) notwendig.

Weitere jeweils rund 90 Mrd. Euro sind erforderlich, um Deutschlands Digitalisierung voranzutreiben, für eine große Bildungsoffensive und um die größten Wohlstandsrisiken aus kritischen Abhängigkeiten zu begrenzen. Um Deutschland zu einem „digitalen Champion“ zu machen, ist eine erhebliche Beschleunigung der Investitionen in digitale Infrastrukturen erforderlich (~ 60 Mrd. Euro für Glasfaser und 5G) – außerdem in den Aufbau von Rechenzentren, den Start einer nationalen KI-Offensive und die Digitalisierung der Verwaltung (~ 33 Mrd. Euro). Zusätzlich bedarf es einer nationalen Bildungsoffensive mit erheblichen Investitionen in die Bildungsinfrastruktur, insbesondere in (Berufs-)Schulen und Universitäten sowie in die Finanzierung von mehr Lehrkräften (~ 97 Mrd. Euro). Deutschland sollte zudem eine eigene Fertigung von Batterien (~ 28 Mrd. Euro) und Halbleiter (~ 51 Mrd. Euro) aufbauen sowie den eigenen Abbau und die Verarbeitung kritischer Rohstoffe hochfahren (~ 9 Mrd. Euro).

Der zukunftsfähige Umbau der deutschen industriellen Basis erfordert knapp 40 Mrd. Euro an Investitionen – und zusätzlich dauerhafte Unterstützung. Unternehmen müssen in der Breite in Effizienz investieren, um ihre Energiekosten zu begrenzen (~ 18 Mrd. Euro), und gleichzeitig damit beginnen, ihre Wärmeversorgung auf nicht fossile Energieträger umzustellen (~ 3 Mrd. Euro). Die Grundstoffindustrien stehen darüber hinaus vor enormen Herausforderungen bezüglich der Investition in den Umbau ihrer industriellen Anlagenbasis – neue DRI-Anlagen in der Stahlproduktion, den Umbau chemischer Wertschöpfungsketten für klimafreundlichere oder wettbewerbsfähigere Feedstocks, die Nachrüstung von Zementstandorten mit CCS-Anlagen (~ 17 Mrd. Euro).

Mehr noch als eine Investitions- ist die Transformation der deutschen Industrie allerdings eine Kostenherausforderung. Die Umstellung auf nicht fossile Energieträger und Rohstoffe ist aus heutiger Sicht in den wenigsten Sektoren wirtschaftlich und droht deshalb die derzeitige ökonomische Situation vieler Unternehmen noch zu verschärfen. Insgesamt kommen auf deutsche Industrieunternehmen durch die Transformation allein bis 2030 zusätzliche kumulierte Belastungen von etwa 16 Mrd. Euro zu, die zum Erhalt der deutschen Industriebasis zumindest teilweise vergemeinschaftet werden sollten.²⁵⁶

Als Grundlage für zukünftiges Industriewachstum sind Investitionen in Innovation, die Klimatransformation und neue Wertschöpfung von rund 415 Mrd. Euro nötig. Der Erfolg oder Misserfolg der deutschen Industrie in Märkten für klimafreundliche Technologien wird für Jahrzehnte das Wachstumspotenzial der deutschen Volkswirtschaft prägen. Um deutschen Unternehmen in den wichtigsten Märkten die besten Wettbewerbschancen zu schaffen, muss Deutschland in dieser Dekade erheblich in die heimische Nachfrage dieser Technologien investieren (~ 173 Mrd. Euro), vor allem Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen in Gebäuden und die Produktion von H₂ und PtX bei uns und im Ausland.²⁵⁷ Darüber hinaus sollten deutsche Unternehmen in dieser Dekade erhebliche Summen in den Auf- und Ausbau ihrer Produktion in diesen Technologien investieren, um diese und weitere Nachfrage auch aus Deutschland bedienen zu können (~ 112 Mrd. Euro).

Zudem sind erhebliche zusätzliche Investitionen in Höhe von rund 130 Mrd. Euro erforderlich, um Deutschland wieder zu einem globalen Innovationsführer zu machen. Das erfordert einerseits erheblich höhere Investitionen in Forschung & Entwicklung (~ 99 Mrd. Euro) und andererseits eine erhebliche Steigerung der Investitionsdynamik in junge Unternehmensgründungen (~ 32 Mrd. Euro).

Jenseits dieser Investitionen erfordert die Erreichung der deutschen Klimaziele zusätzlichen Investitionsaufwand in Höhe von 126 Mrd. Euro, vor allem für Gebäudesanierung (inkl. technischer Gebäudeausstattung)²⁵⁸ in Höhe von rund 73 Mrd. Euro²⁵⁹ sowie den Ausbau und die Dekarbonisierung der deutschen Fernwärmenetze.

²⁵⁶ Kumulierte OPEX-Mehrkosten 2024 – 2030 für die Produktion von emissionsarmem Stahl, Zement und Chemie gegenüber der konventionellen Referenztechnologie sowie Mehrkosten für die sektorübergreifende Nutzung erneuerbarer Prozesswärme (Power-to-Heat) gegenüber der Referenztechnologie Erdgas plus CO₂-Bepreisung.

²⁵⁷ Dazu kommen erhebliche Investitionen in den Umbau der Energieversorgung (Erneuerbare, Stromnetze) und Power-to-Heat in der Industrie, die bereits in anderen Handlungsfeldern erfasst sind.

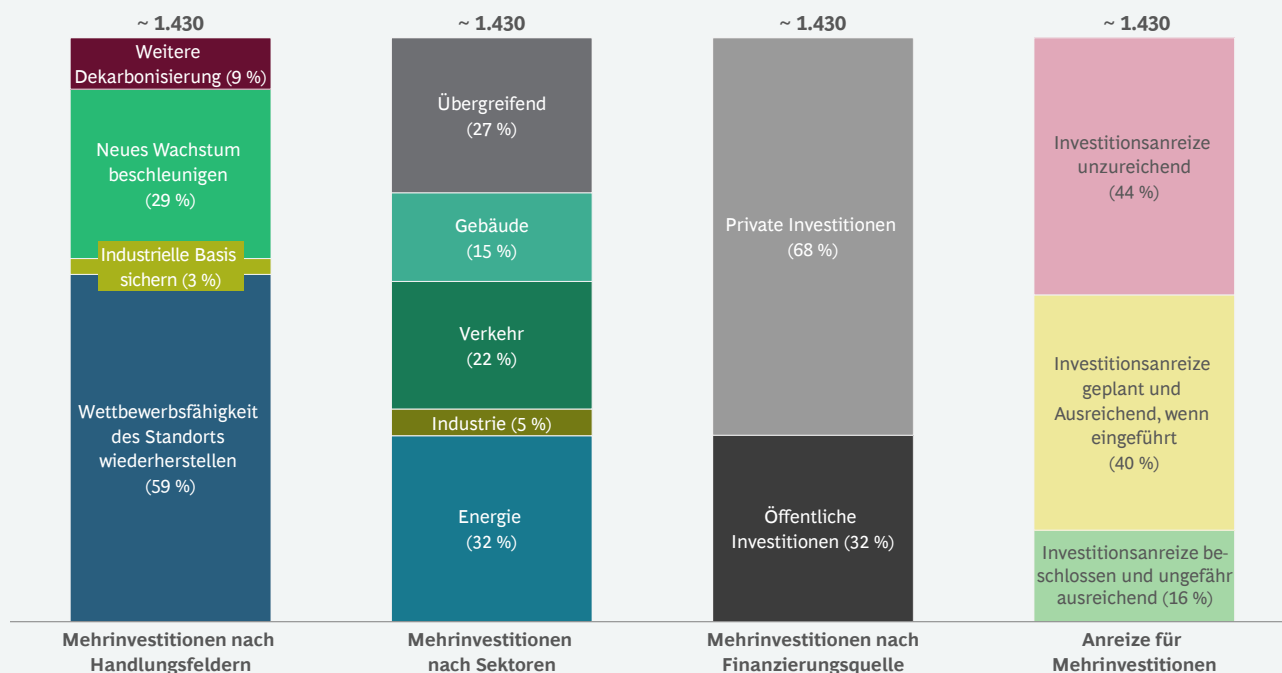
²⁵⁸ Wichtig ist hier zudem die Planungssicherheit für die Bereitstellung von Förderungen mit einem degressiven Element, Kommunikationskampagnen zu Anforderungen und verfügbaren Förderungen für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors sowie der Hinweis auf eine anstehende CO₂-Bepreisung (ETS2/BEHG). Dabei sollten empfohlene Energieeinsparziele für Bestandsgebäude durch klare Kennzahlen nachvollziehbar aufgezeigt werden. Zudem sollte eine Verpflichtung der Erstellung von individuellen Sanierungsfahrplänen für alle Gebäude eingeführt und die Förderung aufrechterhalten werden.

²⁵⁹ Die gesamten staatlichen Finanzierungsbedarfe im Gebäudesektor für Gebäudesanierung und technische Gebäudeausstattung, Einbau von Wärmepumpen, Ausbau von Fernwärme etc. belaufen sich im Jahr 2030 auf ca. 22 Mrd. € (davon ca. 20 Mrd. € im Rahmen des BEG und ca. 2 Mrd. Euro für das Fernwärmenetz).

Zwei Drittel der Investitionen aus privater Hand; Anreize für ca. 45 % unzureichend

ABBILDUNG 108 | Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 nach Finanzierungsquelle und politischen Anreizen

Kumulierte Mehrinvestitionen 2024 – 2030
(in Mrd. € real 2023)



Quelle: Analyse BCG und IW

Exkurs: Mehrinvestitionen, Mehrkosten und fiskalische Belastungen der Transformation

„**Mehrinvestitionen**“ bezeichnen die Gesamtheit der privaten und staatlichen Investitionen, die für die Transformation und Wettbewerbsfähigkeit der Industrie bis 2030 zusätzlich erforderlich sind.

- Für alle zusätzlich erforderlichen Investitionen, zum Beispiel den Ausbau von Erneuerbaren sowie den Aufbau neuer Produktion kritischer Vorprodukte, zählen sämtliche Investitionen von 2024 bis 2030 als Mehrinvestitionen.
- Beim Umbau von Infrastruktur oder Anlagen wie für den Ersatz fossiler durch klimafreundliche Technologien (Beispiel: Wechsel von Gasheizung zu Wärmepumpe) wird der Unterschied zu den Kosten für den Ersatz fossiler Technologien berücksichtigt.
- Bei Maßnahmen, in denen bestehendes Investitionsverhalten beschleunigt werden muss, zum Beispiel bei Investitionen in das Schienen- und Stromnetz, digitale Infrastruktur oder Forschung, werden nur solche Investitionen als Mehrinvesti-

tion betrachtet, die über die durchschnittlichen Ausgaben der letzten Jahre hinausgehen.

„**Mehrkosten**“ beinhalten eingesparte und zusätzliche Kosten für den laufenden Betrieb, zum Beispiel Energieträger- und Betriebskosten von emissionsarmen Technologien gegenüber konventionellen Technologien.

„**Fiskalische Belastungen**“ beschreiben den Saldo aus durch die Umsetzung der Transformationsmaßnahmen entstehenden zusätzlichen Einnahmen, Ausgaben und Einnahmeverlusten der öffentlichen Hand im Vergleich zum Status quo im Jahr 2023. Einnahmen umfassen beispielsweise Mechanismen der CO₂-Bepreisung wie das EU-ETS, das BEHG oder den CBAM. Ausgaben können direkte Investitionsförderungen für die Industrie oder staatliche Ausgaben für Infrastrukturen und Digitalisierung sein. Einnahmeverluste ergeben sich beispielsweise durch geringere Energiesteuereinnahmen aufgrund verringerter Benzin-, Diesel- und Erdgasverbräuche.

Fast zwei Drittel der notwendigen Investitionen müssen vom privaten Sektor getragen werden (siehe Abbildung 108). Diese Investitionen umfassen den Ausbau erneuerbarer Energien, die Strom- und digitale Infrastruktur, große Teile der Ladeinfrastruktur sowie die Gebäudesanierung. Zudem fallen die meisten Aufwendungen für Forschung, Entwicklung und Innovation sowie der Aufbau neuer Produktionskapazitäten in den Verantwortungsbereich privater Akteure. Direkte öffentliche Investitionen sind vor allem für die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur und im Bildungsbereich erforderlich. Durch Subventionen für den Aufbau von Halbleiter- und Batteriefertigungen sowie emissionsparende Anlagen in der Industrie und Förderungen für den Kauf von Wärmepumpen, Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge mit alternativen Antrieben entfällt zusätzlich ein Teil dieser Investitionen auf den Staat.

Für rund 45 % der Investition fehlen noch regulatorische Anreize. Die Mobilisierung privater Investitionen erfordert die richtigen regulatorischen Rahmenbedingungen. Diese sind heute noch nicht annähernd in allen Sektoren gegeben. Bei der Beschleunigung der Klimatransformation wurden für den Ausbau von Solar- und Windkraftanlagen an Land und auf See sowie den Umstieg auf Wärmepumpen durch die Novellen des EEG 2023, das Wind-an-Land-Gesetz und das Gebäudeenergiegesetz (GEG) bereits erhebliche Anreize geschaffen, die bei konsequenter Umsetzung wahrscheinlich ausreichend sind – jedoch braucht es hier dringend Planungssicherheit zum Fortbestand von Förderungen.²⁶⁰ Im Gegensatz dazu sind bestehende regulatorische Rahmenbedingungen für die Beschleunigung der Antriebswende fast schon dramatisch unzureichend. Zur Reduzierung kritischer Abhängigkeiten existieren bereits erhebliche Programme, um Halbleiter- und Batterieproduktion in Deutschland aufzubauen, für andere Schlüssel- und Zukunftstechnologien aber noch nicht. Analog ist die Beschleunigung deutscher Investitionen in Innovation und Infrastruktur teils zwar bereits avviert, aber noch nicht ausreichend umgesetzt (zum Beispiel die Erhöhung der deutschen Forschungs- und Entwicklungsausgaben auf 3,5 % des BIP oder der erheblich beschleunigte Ausbau der digitalen Infrastruktur).

Ein solches Investitionsprogramm wäre historisch, aber nicht ohne Beispiel. 1970 lagen Deutschlands staatliche Bruttoinvestitionen relativ zum BIP (mit knapp 6 %) noch leicht über denen der USA, Frankreichs und Schwedens. Heute sind Investitionsquoten in vielen anderen führenden Industrienationen teilweise deutlich höher. Beispielsweise liegen die staatlichen Bruttoinvestitionen relativ zum BIP in den USA rund einen vollen Prozentpunkt höher – und in Schweden sogar zwei (siehe Abbildung 109). Bei den privaten Investitionen ist der Abstand sogar noch deutlich größer, nachdem die Investitionsdynamik in Deutschland seit den 1990er-Jahren und infolge der Eurokrise erheblich nachgelassen hat: Mit weniger als 12 % des BIP (ohne Wohnungsbau) lag die private Investitionsquote in Deutschland zuletzt hinter jener wichtiger Wettbewerber (z. B. USA mit 13 %, Frankreich mit 14 % und Schweden mit 16 % des BIP). Dies zeigt sich auch bei der Betrachtung des Kapitalstockes in Deutschland. Auch wenn die staatlichen Investitionen in den letzten Jahren leicht gestiegen sind, führt dies nicht zwangsläufig zu einem überproportionalen Aufbau des Kapitalstocks. Im internationalen Vergleich liegt der jährliche Anstieg auch hier deutlich unter jenem von beispielsweise Frankreich, Schweden und den USA (siehe Abbildung 109). Trotzdem hätte ein solches Investitionsprogramm historische Dimensionen. Die gesamten öffentlichen Mehrinvestitionen in Höhe von rund 460 Mrd. Euro entsprechen auf jährlicher Basis zusätzlichen rund 1,6 zusätzlichen Prozentpunkten²⁶¹ des deutschen BIP und sind damit vergleichbar mit dem Mitteleinsatz des Marshall-Plans (1,3 % des damaligen BIP²⁶²) und für den Aufbau Ost (1,0 % des damaligen BIP für direkte Aufbauhilfen²⁶³).

²⁶⁰ Mittelfristig sollte die Förderung jedoch degressiv absinken und die Subventionierung einzelner Technologien ab einer fortgeschrittenen Marktreife reduziert werden, da der Kapazitätsausbau der Produktion von Wärmepumpen mit sinkenden Produktpreisen einhergehen sollte.

²⁶¹ Auf realer Basis von 2023, unter Annahme eines durchschnittlichen deutschen BIP von 4.100 Mrd. € in den Jahren 2024 – 2030.

²⁶² Der Marshall Plan stellte 1948 – 1951 kumuliert ~ 1,9 Mrd. € Investitionshilfen bereit, bei einem durchschnittlichen damaligen deutschen BIP von umgerechnet 50 Mrd. €. Dies entspricht jährlich 1,3 % des damaligen BIP (KfW [2017]).

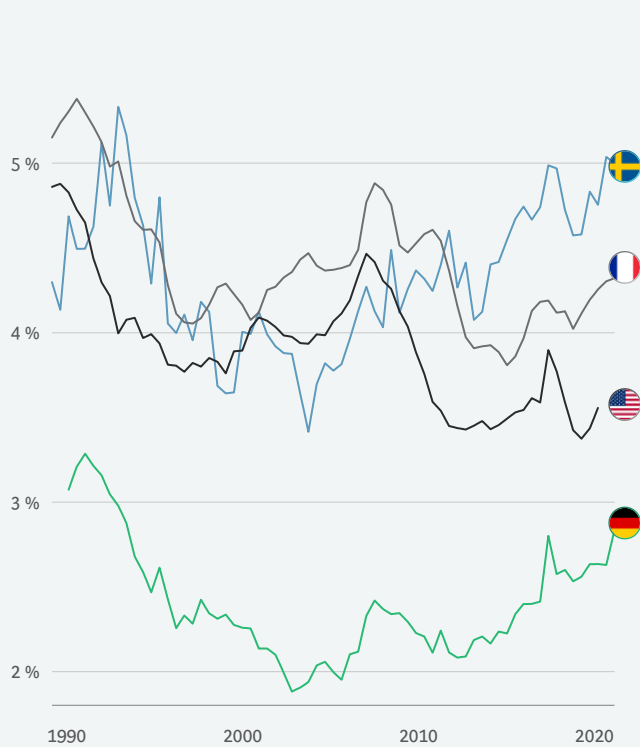
²⁶³ Der Aufschwung Ost umfasste 1990 – 2003 kumuliert ~ 950 Mrd. € Nettotransferleistungen. Die reinen Aufbauhilfen aus spezifischen Programmen zur Verbesserung der Infrastruktur und Förderung von Unternehmen belaufen sich auf ca. 250 Mrd. €. Bei einem durchschnittlichen damaligen BIP von 1.900 Mrd. € entsprechen die Aufbauhilfen ca. 1 % des damaligen BIP, die gesamten Nettotransferleistungen ca. 3,6 %. Siehe: Destatis (2021), IWH (2004).

Andere Industrienationen haben deutlich höhere Investitionsquoten

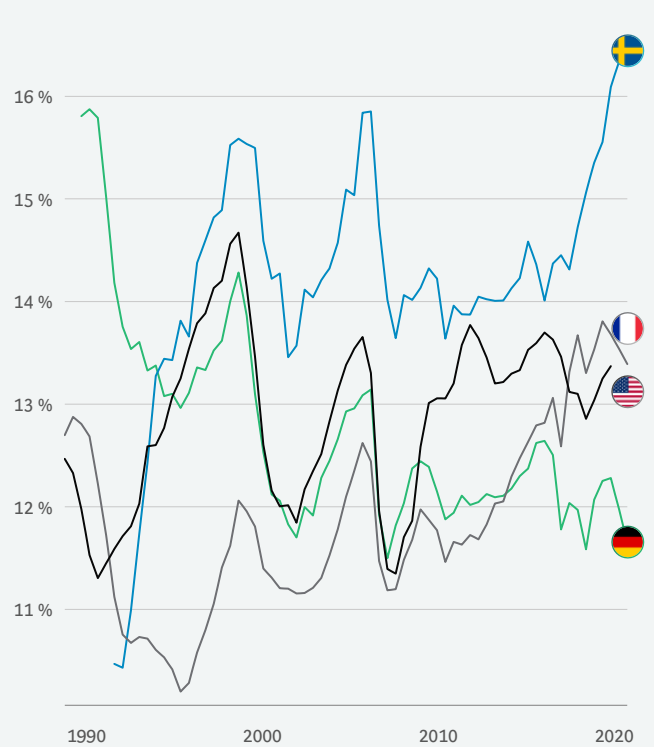
ABBILDUNG 109 | Investitionsquoten und Kapitalstockveränderungen im internationalen Vergleich

Investitionsquoten und Kapitalstockveränderungen verschiedener Länder 1990 – 2024

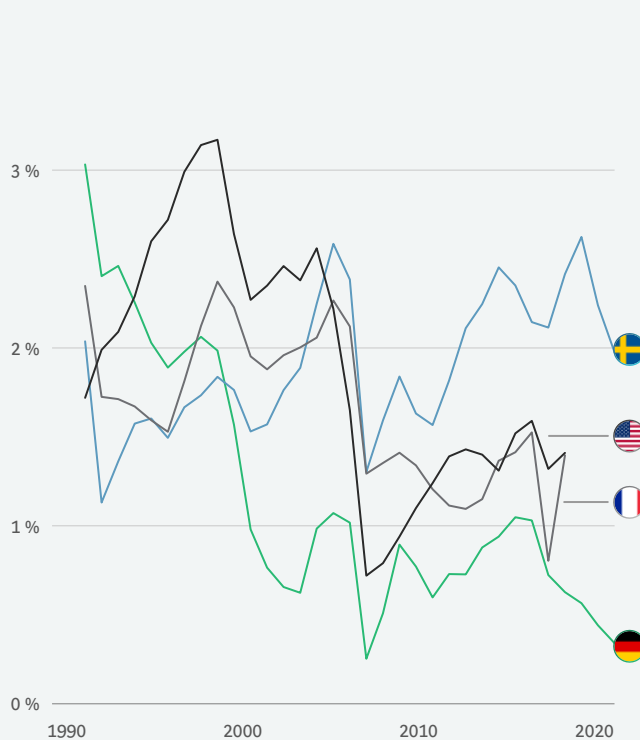
Staatliche Bruttoinvestitionen im Verhältnis zum BIP (in %)



Private Bruttoinvestitionen im Verhältnis zum BIP (in %)



Nettoveränderung des realen Kapitalstocks (in %)



Hinweis: Private Bruttoinvestitionen exkl. Wohnimmobilien

Quelle: Statistiska centralbyrån, INSEE; Statistisches Bundesamt; U.S.Bureau of Economic Analysis, Eurostat; BCG Center for Macroeconomics; Analyse BCG und IW

Exkurs: US Inflation Reduction Act

International werden Beträge in ähnlicher Größenordnung für die Transformation investiert und zeigen Wirkung – zum Beispiel der US Inflation Reduction Act. Der im August 2022 vom US-Kongress verabschiedete Inflation Reduction Act („IRA“) umfasst rund 370 Mrd. US-Dollar für erneuerbare Energien und priorisierte (Klima-)Technologien. Gemeinsam mit dem im Herbst 2021 verabschiedeten „Infrastructure Investment and Jobs Act“ (110 Mrd. US-Dollar) und dem „CHIPS and Science Act“ (53 Mrd. US-Dollar) fördern die USA Energie-, Klima- und Zukunftstechnologien in einem Umfang von mehr als einer halben Billionen Dollar. Diese Subventionen zeigen Wirkung. Der IRA

hat alleine im ersten Jahr Zusagen für Investitionen von rund 270 Mrd. US-Dollar in erneuerbare Energien und (Klima-) Technologien ausgelöst – siebenmal so viel wie im Schnitt der Jahre zuvor. Investitionen in den Bau von Produktionsanlagen haben sich von 2021 bis 2023 verdoppelt, verglichen mit einem Anstieg von nur 2 % zwischen 2017 und 2021. Zusätzlich wurden insbesondere durch den „CHIPS and Science Act“ mehr als 160 Mrd. US-Dollar privater Investitionen in Halbleiterfertigung ausgelöst. Der Gesamteffekt des IRA auf die amerikanische Wirtschaftsentwicklung ist aktuell noch schwer abzuschätzen – unumstritten ist jedoch seine erhebliche Lenkungswirkung.

6.2 Die mit der Transformation verbundenen öffentlichen Ausgaben reißen bis 2030 eine fiskalische Lücke von über 70 Mrd. Euro pro Jahr

Die Mobilisierung der nötigen Investitionen erfordert höhere Ausgaben der öffentlichen Hand. Zum einen müssen eine Reihe der erforderlichen Investitionen vom Staat selbst getragen werden, zum Beispiel für die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur und eine Verbesserung des Bildungssystems. Zum anderen erfordert auch die Mobilisierung privater Investitionen in verschiedenen Bereichen öffentliche Unterstützung – vor allem in vier Themenbereichen:

- Investitionen in manche erneuerbaren Technologien sind in der nötigen Geschwindigkeit nur mit öffentlicher Förderung realistisch, zum Beispiel der Hochlauf von Wärmepumpen und Elektroautos.

- Um die industrielle Klimatransformation ohne weitere Einbußen von Wettbewerbsfähigkeit zu ermöglichen, muss die öffentliche Hand Mehrkosten für erneuerbare Energieträger ausgleichen, zum Beispiel für Wasserstoff in der Stahlindustrie und die Elektrifizierung industrieller Wärme.
- Um für den Aufbau neuer Produktion in Schlüssel- und Zukunftstechnologien im Standortwettbewerb mit China und den USA ein „Level Playing Field“ zu schaffen, hat Deutschland ein Interesse daran, in ausgewählten Technologien heimische Ansiedlung zu fördern.
- Gleiches gilt für die Ansiedlung heimischer Produktion aus Gründen der Resilienz – zum Beispiel für Halbleiter und Batterien (siehe Kapitel 5.1.6).

Im Jahr 2030 betragen die nötigen öffentlichen Mehrausgaben²⁶⁴ für die Transformation des Standorts bereits einen hohen zweistelligen Milliardenbetrag. Für die Modernisierung und den Ausbau der Infrastruktur entstehen im Jahr 2030 zusätzliche, über die Ausgaben im Jahr 2023 hinausgehende jährliche fiskalische Belastungen in Höhe von 18 Mrd. Euro²⁶⁵, insbesondere für den Abbau des Investitionsstaus im Schienenverkehr. Kosten für den Umbau des Energiesystems schlagen gegenüber der heute bereits hohen Belastung noch einmal zusätzlich mit rund 10 Mrd. Euro zu Buche – vor allem für die öffentliche Finanzierung des

Ausbaus erneuerbarer Energien anstelle der ursprünglichen EEG-Umlage.²⁶⁶ Gleiches gilt für erforderliche Hebel zur Steigerung der Nachfrage nach grünen Technologien, insbesondere durch die Förderung von Wärmepumpen, Nachfrageanreize und andere Vergünstigungen für Pkw und Lkw mit alternativen Antrieben sowie die Förderung der Wasserstoffproduktion.²⁶⁷ Für weitere Dekarbonisierungsmaßnahmen, vor allem für Gebäudesanierung (exklusive Wärmepumpen) und das Fernwärmenetz, fallen in 2030 rund 9 Mrd. Euro mehr an, als 2023 ausgezahlt wurden.²⁶⁸ Darüber hinaus sind öffentliche Mittel für die Unterstützung der

²⁶⁴ Öffentliche Mehrausgaben bzw. fiskalische Belastungen beschreiben den Saldo aus durch die Umsetzung der Transformationsmaßnahmen entstehenden zusätzlichen Einnahmen, Ausgaben und Einnahmeverlusten der öffentlichen Hand im Vergleich zum Status quo im Jahr 2023.

²⁶⁵ Vor allem für den Abbau des Investitionsstaus auf der Schiene (13 Mrd. € p. a.), bei Straßen- und Wasserwegen, den Aufbau von Importterminals sowie die Förderung von öffentlicher Ladeinfrastruktur für Pkw, öffentlicher und privater (auch Depot-Laden) Lade- und H₂-Tankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge und von Baukostenzuschüssen für Netzanschlüsse (insgesamt rund 2 Mrd. € mehr als 2023 gefördert).

²⁶⁶ Höhere fiskalische Belastungen gegenüber 2023 ergeben sich aus Deltaauszahlungen zu prognostizierten Einnahmen. Die modellierten EE-Förderungen belaufen sich insgesamt auf ~ 24,5 Mrd. € und die Redispatch-Kosten auf ~ 2,5 Mrd. € in 2030.

²⁶⁷ Die Beibehaltung der Regulatorik zur Förderung der E-Mobilität im Rahmen der Dienstwagenbesteuerung im Jahr 2030 aufgrund des Hochlaufs von E-Mobilität hat den größten negativen fiskalischen Effekt. In der Wärmewende sind v. a. weitere Mittel für die Förderung von Wärmepumpen notwendig. In der Energiewende sind für die Förderung des heimischen Wasserstoffhochlaufs zusätzliche, über die Klimaschutzverträge hinausgehende Förderungen notwendig.

²⁶⁸ Insgesamt sind für Gebäudesanierung inkl. Wärmepumpen im Jahr 2030 Mittel i. H. v. rund 20 Mrd. € notwendig. Zusätzlich bedarf es rund 2 Mrd. €, u. a. für u. a. für Fernwärmenetze. Für das Jahr 2023 wird die gesamte ausgezahlte Förderung durch das BEG auf rund 8 Mrd. € geschätzt (Schätzung in dieser Studie aufgrund nicht veröffentlichter Daten zu tatsächlich geflossenen Fördermitteln). Hierdurch ergeben sich gesamte Mehrbelastungen im Jahr 2030 von 14 Mrd. € gegenüber 2023 9 Mrd. € hiervon sind in der Kategorie „Weitere Dekarbonisierung“ und 5 Mrd. € für Wärmepumpen in der Kategorie „Nachfrage nach grünen Technologien stärken“ dargestellt.

Über 70 Mrd. Euro fiskalische Mehrbelastung in 2030 für den Staat

ABBILDUNG 110 | Fiskalische Belastung in 2025 und 2030 durch Transformation gegenüber 2023

Fiskalische Belastung im Vergleich zu 2023

(in Mrd. € real 2023)



1. Freie Allokationen 2. Strompreiskompensation 3. Ausschließlich Bildungsausgaben des Bundes inkludiert

Hinweis: Abgerufene KTF-Förderungen in 2023 größtenteils durch ETS-/BEHG-Einnahmen gedeckt, daher Effekt durch Sondervermögen nicht separat dargestellt; indirekte Steuereinnahmen auf Basis von Oxford Economics modelliert und in Summen nicht eingerechnet

Quelle: Oxford Economics; Analyse BCG und IW

Industrietransformation insbesondere in energieintensiven Branchen (rund 7 Mrd. Euro)²⁶⁹, eine stärkere Innovationsförderung (rund 4 Mrd. Euro)²⁷⁰, Subventionen für den Aufbau neuer Fertigung von kritischen Vorprodukten wie Halbleiter und Batterien (rund 3 Mrd. Euro), die Lokalisierung von Produktion in Zukunftsmärkten, staatliche Bildungsausgaben²⁷¹ und eine Beschleunigung der Digitalisierung erforderlich (jeweils unter 1 Mrd. Euro). Gleichzeitig entgehen dem Fiskus durch den zu erwartenden Rückgang des Kraft- und Brennstoffverbrauchs im Jahr 2030 über alle Sektoren hinweg bereits Energie- und Mehrwertsteuer-Mindereinnahmen von etwa 12 Mrd. Euro.

Direkte Einnahmesteigerungen durch CO₂-Bepreisung und Mehrwertsteuereffekte können diese Ausgaben nicht annähernd ausgleichen. Den öffentlichen Mehrausgaben stehen in den kommenden Jahren neue Einnahmen gegenüber, vor allem aus der CO₂-Bepreisung von ETS 1, ETS 2 und CBAM. Diese belaufen sich bei aktuellen CO₂-Preiserwartungen im Jahr 2030 allerdings lediglich auf rund 6 Mrd. Euro mehr als in 2023.²⁷² Zusätzlich ergeben sich aus der Ende 2023 eingeführten CO₂-gebundenen Lkw-Maut in 2030 Mehreinnahmen von rund 5 Mrd. Euro.

²⁶⁹ Fiskalische Belastungen ergeben sich hier aus Investitionsförderungen für emissionsarme Anlagen in der Industrie, Klimaschutzverträge zum Ausgleich der Mehrkosten der emissionsarmen gegenüber der konventionellen Technologie, Mittelstandsförderung durch die Bundesförderung Industrie und Klimaschutz sowie Heat Contracts for Difference zum Ausgleich der Mehrkosten für elektrische industrielle Prozesswärme gegenüber Erdgas.

²⁷⁰ Mehrbelastungen für Innovation aus einer Erhöhung der Forschungszulagen, Verdopplung von IGF und ZIM, Steueranreizen für Investitionen in Gründungen analog dem (S)EIS-Konzept aus Großbritannien sowie übergreifend höheren Ausgaben in Forschung zur Erreichung des Ziels einer F&E-Quote von 3,5 % des BIP.

²⁷¹ In der hier aufgezeigten fiskalischen Belastung sind nur die zusätzlichen staatlichen Bildungsausgaben inkludiert, die in 2023 ~ 6 % der gesamten Bildungsausgaben Deutschlands ausgemacht haben. Die restlichen 94 % wurden durch Kommunen und Bundesländer finanziert.

²⁷² Die Einnahmen aus dem ETS 1 und ETS 2 für Industrie, Verkehr, Energie und Gebäude berechnen sich basierend auf den CO₂-Emissionen, den freien Zuteilungen (für Industrie und Energie) sowie dem Anteil der Einnahmen, der an Mitgliedsstaaten ausgezahlt wird (78 %). Der EU-Klima-Sozialfonds wurde nicht gesondert berücksichtigt, sondern es wird eine ähnliche Aufteilung an Mitgliedsstaaten angenommen. Belief sich der EU-ETS-Preis 2023 auf ~ 80 – 85 €/t CO₂, wird er aufgrund weiterer Verknappung der Zertifikate in 2030 womöglich auf bis zu ~ 100 – 130 €/t CO₂ ansteigen. Dem BEHG-Preis von 30 €/t CO₂ in 2023 steht ein unsicherer EU-ETS-2-Preis gegenüber: Hier steht eine Konkretisierung des Preismechanismus noch aus (siehe dazu im Detail Kapitel 1.3.1). Gegenläufig zu den steigenden Netto-CO₂-Preisen wirken die prognostizierten Emissionseinsparungen bis 2030, welche die gesamten Einnahmen reduzieren.

Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien

Aktuelle Studien beispielsweise des BDI oder des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) kommen zu vergleichbaren Ergebnissen, zeigen jedoch teilweise unterschiedliche Schnitte abhängig von der jeweiligen Fragestellung. In dieser Studie werden in Kapitel 6.2 die fiskalischen Mehrbelastungen für die gesamte Transformation des Standorts Deutschland in den Jahren 2025 und 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 2023 dargestellt.

Die BDI-Studie „Standort D mit Investitionen stärken“ beziffert den zusätzlichen öffentlichen Finanzierungsbedarf auf 400 Mrd. Euro über zehn Jahre. Dabei sind Investitionen in Bildungsinfrastruktur enthalten, jedoch beispielsweise nicht die steuerlichen Effekte aus der CO₂-Bepreisung. Zudem zeigt die BDI-Studie

nur die über die bereits im Haushalt vorgesehenen fiskalischen Belastungen hinausgehenden Kosten und nicht das Delta der Gesamtbelastung im Vergleich zu 2023. Die zugrunde liegenden Annahmen beider Studien (beispielsweise für Investitionen in Bundes-schienenwege) sind identisch.

Die Studie „Herausforderungen für die Schuldenbremse“ des IW und der Hans-Böckler-Stiftung bezieht die öffentlichen Mehrausgaben über zehn Jahre auf 600 Mrd. Euro bzw. etwa 60 Mrd. Euro jährlich. Im Vergleich zur vorliegenden Studie berücksichtigt das IW dafür beispielsweise auch Ausgaben für kommunale Infrastruktur, während Ausgaben für Resilienz und andere Themen nicht berücksichtigt werden.

Im Saldo muss die öffentliche Hand bis zum Jahr 2030 eine fiskalische Lücke in Höhe von bis zu rund 70 Mrd. Euro schließen. Während Teile dieser Belastungen bereits in den Bundeshaushalten der kommenden Jahre vorgesehen sind, gilt das für einen Großteil bisher noch nicht. Zum Beispiel sind von den bis 2030 erforderlichen Investitionen in die Modernisierung der Bundesschienenwege in Höhe von 90 Mrd. Euro bisher lediglich 27 Mrd. Euro eingeplant. Für die erforderlichen Förderungen zur Finanzierung der Industrietransformation bestehen bisher lediglich Verpflichtungsermächtigungen für rund ein Drittel.²⁷³

Durch steigende Steuereinnahmen aus erwartbarem Wirtschaftswachstum ist die tatsächliche Lücke wahrscheinlich geringer. Die Umsetzung der Transformation würde das deutsche Wirtschaftswachstum in den kommenden Jahren vermutlich steigern. Zum einen wür-

den die erheblichen Investitionen einen positiven wirtschaftlichen Impuls auslösen. Zum anderen reduzieren manche dieser Investitionen den Verbrauch aktuell überwiegend importierter fossiler Energieträger. Werden Letztere durch lokale Produktion, zum Beispiel in Deutschland erzeugten erneuerbaren Strom, ersetzt, führt dies zu zusätzlichem BIP-Wachstum. Im Ergebnis dürften die öffentlichen Einnahmen aus Körperschafts-, Einkommens- und Konsumsteuern steigen und zumindest einen Teil der fiskalischen Lücke kompensieren.²⁷⁴ Gleichzeitig würde die fiskalische Lücke auch ohne Umsetzung dieses Transformationsprogramms anwachsen, da in diesem Fall mit weiterem negativen Industriewachstum und im Ergebnis sinkenden Steuereinnahmen zu rechnen wäre.

²⁷³ BDI (2024).

²⁷⁴ Allein durch das Wachstum der zusätzlich ausgelösten Investitionen könnten in 2030 zusätzliche öffentliche Einnahmen von bis zu rund 46 Mrd. € entstehen (auf Basis eines zusätzlichen jährlichen BIP-Impulses von rund 1,5 %). Wie viele dieser Einnahmen sich tatsächlich materialisieren, hängt davon ab, bis zu welchem Grad diese Investitionen andere Investitionen oder anderen Konsum verdrängen.

Exkurs: Steuerliche Entlastungen

Deutschland hat mit ca. 30 % einen der höchsten effektiven Unternehmensgewinnsteuersätze der OECD-Länder (siehe Kapitel 1.3.2), bestehend aus Körperschaftsteuer, Gewerbesteuer und Solidaritätszuschlag. Das ist für Deutschland ein Standortnachteil, der aufgrund kürzlich erfolgter Unternehmenssteuerreformen in mehreren anderen Ländern in den vergangenen Jahren eher zugenommen hat.

Eine Senkung des Steuerniveaus würde Deutschlands Wettbewerbsnachteil reduzieren und zusätzliche Investitionen mobilisieren, allerdings auf Kosten hoher finanzieller Belastungen der öffentlichen Hand. Eine Reduzierung der Körperschaftsteuer um beispielsweise einen Prozentpunkt für fünf aufeinanderfolgende Jahre könnte nach fünf Jahren zusätzliche Impulse für Investitionen und Konsum in Höhe von rund 8 Mrd. Euro und nach zehn Jahren in Höhe von rund 18 Mrd. Euro auslösen. Der staatliche Einkommensverlust in Höhe von rund 20 Mrd. Euro würde durch wachstumsbedingte Steuermehreinnahmen damit allerdings nur zu rund 20 % refinanziert. Auch nach zehn Jahren verbliebe eine zusätzliche fiskalische Lücke in Höhe von rund 17 Mrd. Euro.²⁷⁵

²⁷⁵ IW (2024).

Zielgerichtete steuerliche Entlastungen könnten Investitionen mit geringeren öffentlichen Einbußen anreizen. Mit dem Wachstumschancengesetz hat die Regierung zuletzt mehrere zielgerichtete Entlastungshebel verabschiedet (steuerliche Forschungsförderung, degressive Abschreibung, Ausweitung der Verlustverrechnung), ohne dabei Unternehmenssteuersätze generell zu senken. Im Zuge des Vermittlungsverfahrens wurde das ursprünglich geplante Entlastungsvolumen vor allem durch die Streichung der Klimaschutz-Investitionsprämie in etwa halbiert. Eine Einführung dieser Prämie, eine Ausweitung von Forschungszulagen auf ein international wettbewerbsfähiges Niveau und zusätzliche steuerliche Entlastungen zur Förderung von Innovation (siehe Kapitel 5.3.2) und Digitalisierung (siehe Kapitel 5.1.2), zum Beispiel über das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand, könnte Investitionen in diesen Feldern steigern – und würde im Vergleich erheblich geringere fiskalische Mehrbelastungen in Höhe von rund 3 Mrd. Euro in 2030 auslösen.

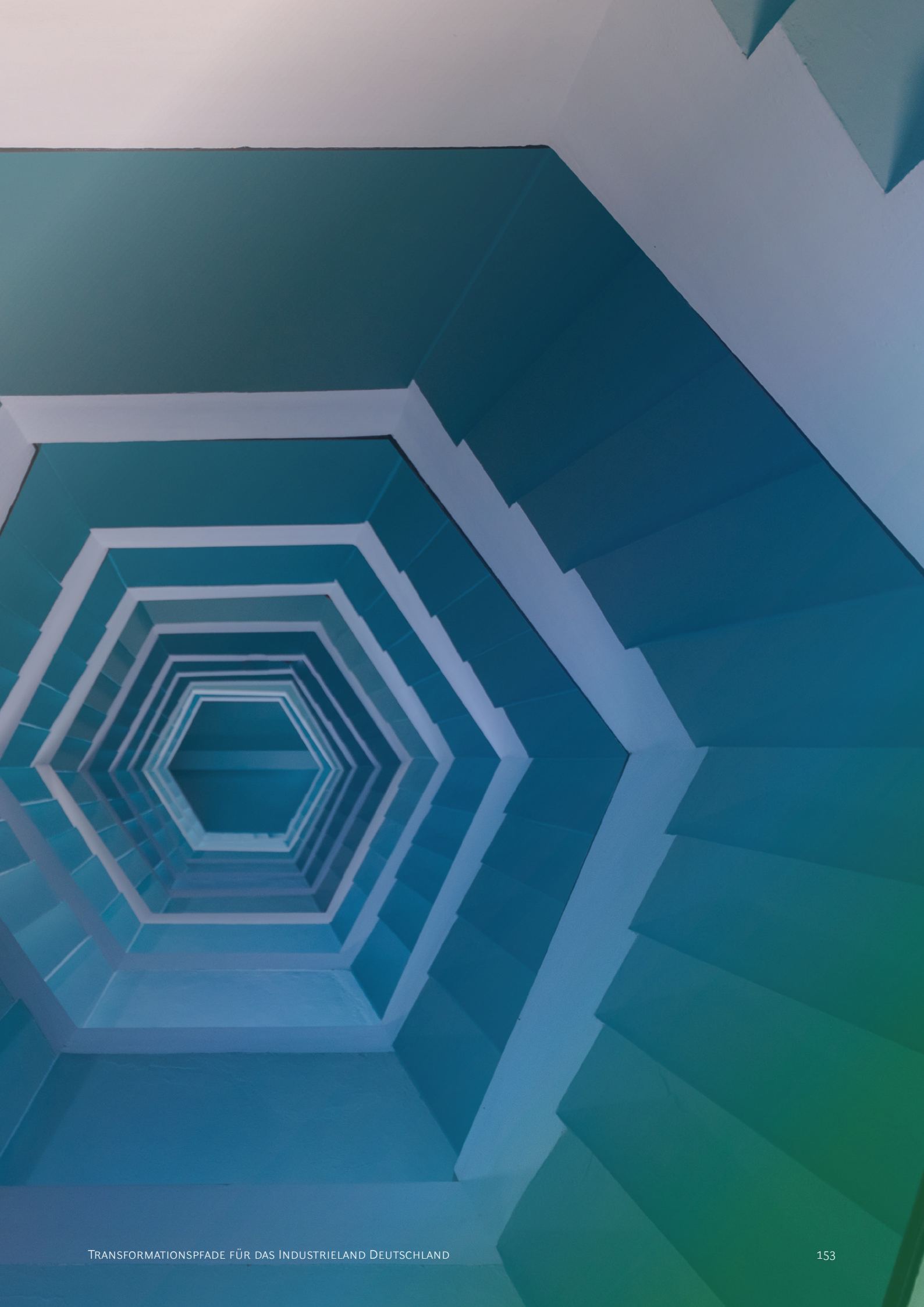
6.3 Die Finanzierung dieser Transformation ist eine Mehrgenerationenaufgabe

Die Verteilung der Kosten dieser Transformation wird die öffentliche Hand vor erhebliche Herausforderungen stellen. Die Regierung muss mittelfristig eine fiskalische Lücke von bis zu rund 70 Mrd. Euro jährlich schließen. Das erfordert die Mobilisierung von mehr als 10 Mrd. Euro zusätzlich in jedem Jahr – mögliche Hebel wären dazu Einsparungen, zusätzliche Steuern und Abgaben²⁷⁶ oder neue Verbindlichkeiten. Die faire Verteilung dieser Lasten zwischen Bund, Ländern, Kommunen, Unternehmen, Konsumenten, Steuerzahlern und zukünftigen Generationen wird eine breitere gesellschaftliche Debatte erfordern.

Es erscheint unrealistisch, eine so umfangreiche Transformation ohne zusätzliche Verbindlichkeiten zu finanzieren. Auf der einen Seite sollte die öffentliche Hand im Sinne der Solidität öffentlicher Finanzen anstreben, die durch die Transformation entstehende Haushaltslücke so weit wie möglich innerhalb laufender Haushalte zu finanzieren. Auf der anderen Seite erscheint

es unrealistisch, einen Betrag in dieser Größenordnung auch nur annähernd durch eine Repriorisierung öffentlicher Ausgaben oder die Erschließung neuer Einnahmequellen auszugleichen. Gleichzeitig sind große Teile dieser Transformation eine Investition in Wirtschaftsstandort, Technologiekompetenzen und Infrastrukturen der Zukunft, von denen kommende Generationen erheblich profitieren werden. Deutschland muss erheblich mehr investieren, um seinen Wirtschaftsstandort gut für die kommenden Dekaden aufzustellen. Es erscheint daher angemessen, die Lasten dieser Investitionen im Sinne einer Generationenaufgabe zu verteilen. Dafür wird auch die Aufnahme neuer Schulden außerhalb der Regeln der aktuellen Schuldengrenze erforderlich sein – zum Beispiel in Form klar definierter „Sondervermögen“.

²⁷⁶ Teile der anstehenden öffentlichen Mehrausgaben ließen sich durch neue Einnahmequellen innerhalb der jeweiligen Sektoren refinanzieren. Zum Beispiel wäre die Dienstwagensteuerentlastung von E-Pkw auch ohne Nettoeinkommensverluste darstellbar. Analog ließen sich öffentliche Fördergelder für Klimaschutzverträge in der Industrie z. B. durch eine Konsumabgabe auf CO₂- oder materialintensive Endprodukte refinanzieren.





Der Industriestandort Deutschland steht vor einer Dekade der Entscheidung

Der Industriestandort Deutschland steht vor neuen, großen Herausforderungen. Die Energiekrise war für die deutsche Industrie ein ökonomischer Schock, durch den vor allem in energieintensiven Branchen die Produktion deutlich eingebrochen ist. Hohe Energiekosten sind jedoch nur eine Herausforderung unter vielen: Deutschland steht vor einer Reihe weiterer struktureller Herausforderungen, die die Substanz des deutschen Industriestandorts fundamental bedrohen. Mehrere Säulen des bisherigen deutschen Industrieerfolgs sind gleichzeitig ins Wanken geraten: Die Zeit konstant günstiger fossiler Energieimporte ist mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine wahrscheinlich für immer vorbei. Die Demografiekrise und ein schwächelndes Bildungssystem kehren Deutschlands traditionell reiches Fachkräfteangebot in den nächsten Jahren in einen Mangel um. Ein teils über Dekaden erarbeiteter Vorsprung in Bereichen wie der Verbrennertechnologie wird absehbar an Bedeutung verlieren. Zudem gerät das deutsche Exportmodell durch wachsende geopolitische Spannungen und Protektionismus unter Druck.

Die Polykrise trifft das Land trotz zweier Jahrzehnte des Aufschwungs unvorbereitet. Deutschland erlebte nach der Finanzkrise einen der längsten Aufschwünge seit dem Zweiten Weltkrieg, überstand sowohl die Eurokrise als auch die Immobilienblase nahezu unbeschadet und erholte sich selbst von der Covid-Pandemie sehr schnell. Trotzdem hat Deutschland es versäumt, die Dividende dieser Zeit mit Weitsicht ein-

zusetzen. Zukunftsorientierte Investitionen in Bildung und Forschung, der Ausbau erneuerbarer Energien, die Modernisierung der Infrastrukturen oder die Digitalisierung wurden jahrelang verschleppt. Als Ergebnis hat der Industriestandort Deutschland erheblich an Wettbewerbsfähigkeit eingebüßt. Gleichzeitig wurden in zentralen Industriesektoren wichtige Weichenstellungen für den Technologiewandel und neues Wachstum versäumt.

Ohne entschlossenes Gegensteuern droht Deutschland ein Szenario schleichender Deindustrialisierung. Es droht ein Szenario, in dem energieintensive Industriesektoren Investitionen in Deutschland deutlich reduzieren und nach und nach an andere Standorte verlagern. Ein Szenario, in dem Deutschland die Transformation zur Elektromobilität versäumt und damit deutlich an Weltmarktanteilen verliert. Ein Szenario, in dem deutsche Technologiespieler auch bei Zukunftstechnologien ins Hintertreffen geraten – und damit die insgesamt schrumpfende Industrieproduktion nicht durch neues Wachstum ausgleichen können.

Dieses Szenario ist jedoch nicht unausweichlich. Deutschland hat trotz aller Herausforderungen Grund zum Optimismus. Die Welt steht – nicht zuletzt durch die Klimatransformation – vor fundamentalen technologischen Herausforderungen. Deutschland ist noch immer ein Land mit exzellenter Ingenieurskompetenz und verlässlicher Spitzentechnologie, die in den kommenden Dekaden mehr denn je benötigt werden. In

Wachstumssektoren wie Automatisierung, industrieller Elektrifizierung und Pharmazeutik ist Deutschland schon heute weltweit führend. Zudem erwachsen durch künstliche Intelligenz in den kommenden Jahren historische Chancen für exponentielle Produktivitätssteigerungen. Das eröffnet der deutschen Industrie historische Wachstumschancen – wenn heute dafür entschlossen die wesentlichen Weichen gestellt werden.

Deutschlands Industrie kann auch in den kommenden Dekaden noch eine Quelle für Wachstum und Wohlstand sein. Dafür muss es gelingen, die bestehende Industrie zukunftsfähig zu transformieren und gleichzeitig neue Produktion in Technologien aufzubauen, die der Welt bei der Lösung ihrer dringendsten Herausforderungen helfen: der Klimatransformation, der Weltgesundheit, der Digitalisierung. Ein Zurück in die „alte Zeit“ günstiger fossiler Energie und hoher Nachfrage nach fossilen Technologien wird es voraussichtlich nicht geben. Um sich erfolgreich für die Zukunft zu positionieren, braucht Deutschland deswegen eine „Flucht nach vorn“.

Deutschland muss „sich in die Zukunft investieren“. Den deutschen Industriestandort für neues Wachstum in den kommenden Dekaden aufzustellen wird eine umfassende Transformation erfordern. Deutschland muss als Industriestandort wieder in der Breite wettbewerbsfähig werden – durch ein Einreißen bürokratischer Strukturen sowie durch Investitionen in Bildung, Infrastruktur, Digitalisierung, KI und mehr. Deutschland muss sein starkes Rückgrat energieintensiver Industrieunternehmen in Zusammenarbeit von Regulator und Unternehmen umbauen, damit diese sich bestmöglich für eine wettbewerbsfähige Produktion in neuen Wertschöpfungsketten aufstellen können. Deutschland muss sich außerdem für neues Wachstum positionieren – in Märkten wie alternativen Antrieben, Klimatechnologien, Automatisierung und Gesundheit, in denen die Weltnachfrage in Zukunft erheblich wächst. Um die Versäumnisse der Vergangenheit aufzuholen, sollte die Politik diese Transformation industriepolitisch begleiten. Deutschland steht im Standortwettbewerb mit Ländern wie den USA und China, die vor allem den Aufbau neuer Industrie immer stärker mit politischer Unterstützung begleiten. Das Land sollte sich diesem Wettbewerb stellen.

Die besten Tage des Industriestandorts Deutschland könnten noch vor uns liegen – wenn Politik und Unternehmen die vor ihnen liegenden Herausforderungen mit Mut und Tatkraft angehen. Dabei wird es auch einen verstärkten Fokus auf Kosteneffizienz, Flexibilität zur Neujustierung und Mut zu unkonventionellen Lösungen brauchen. Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum müssen wieder erklärte Regierungsziele werden. Wenn die Transformation gelingt, würde sich Deutschland an die Spitze einer Entwicklung setzen, die so oder so ähnlich überall auf der Welt passieren muss. Das bedeutet für das Land erhebliche Chancen – erfordert aber auch entschlossene Weichenstellungen heute.



Appendix

Kostenstruktur je Sektor

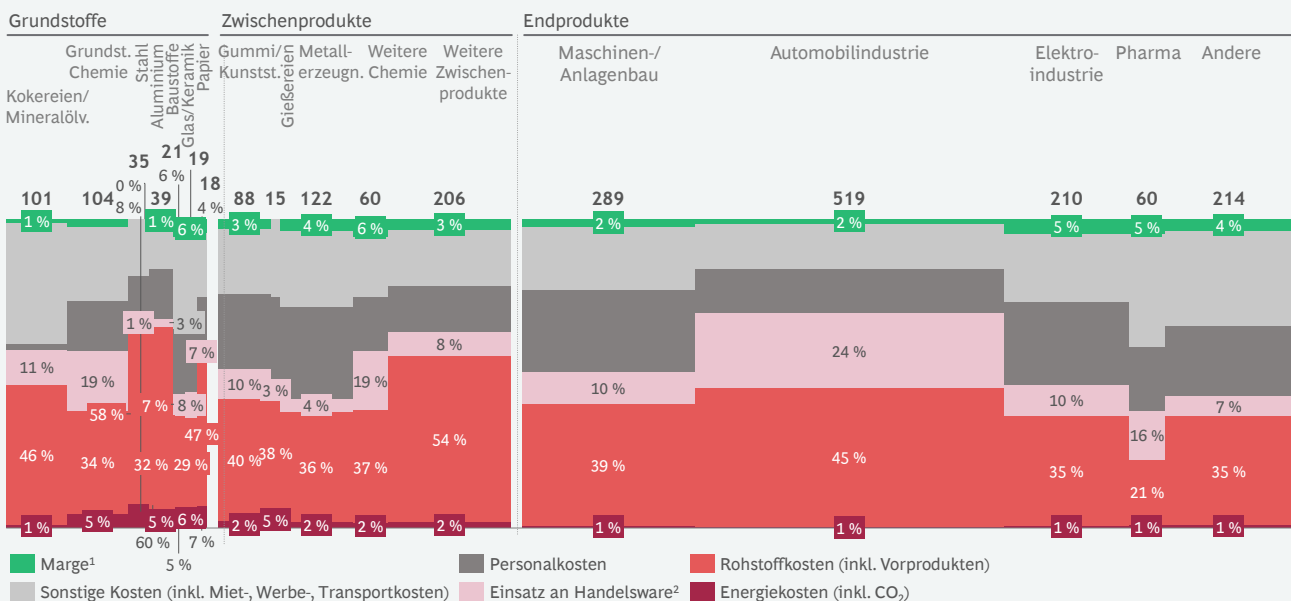
Die deutsche Industrie ist unterschiedlich stark von hohen Energiekosten betroffen

ABBILDUNG 111 | Kostenstruktur je Sektor in 2019

Kostenstruktur je Sektor in 2019

Höhe: Anteil Kostenposten und Marge¹ am Bruttoproduktionswert in 2019 (in %)

Breite: Bruttoproduktionswert in 2019 (in Mrd. €)



1. Marge = 100 % abzüglich Summe der Kostenposten. Branchen ohne Marge verzeichneten 2019 laut Statistischem Bundesamt Verluste. Kosten dieser Branchen auf 100 % genormt. 2. Waren externer Herkunft, die im Allgemeinen unbearbeitet und ohne fertigungstechnische Verbindung mit eigenen Erzeugnissen weiterverkauft werden – Bestände und Eingänge an Handelsware sind zu Anschaffungskosten (ohne als Vorsteuer abzugsfähige Umsatzsteuer) zu bewerten. Hinweis: Kostenposten beziehen sich auf Produktionswert im WZ2008-Steller (je Sektor); Abweichungen von Produktionskostenstruktur möglich; Aluminium als Indikator für NE-Metalle; WZ08.26-27 für Elektroindustrie. Quelle: Statistisches Bundesamt; Analyse BCG und IW

Industrielle Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppen nach Stromverbräuchen und Entlastungsinstrumenten

ABBILDUNG 112 | Archetypische industrielle Verbrauchergruppen nach Energiemenge, Stromkostenintensität, Jahresvolllaststunden und SPK

	Energiemenge	Stromkostenintensität	Jahresvolllaststunden	Strompreiskompensation	Spannungsniveau	Beispielbranchen ²
A Maximal entlastet	4500 GWh/a (Gesetzl. Grenze > 10 GWh/a)	> 20 %	8.000	✓	Höchstspannung	Herstellung & erste Bearbeitung von Metallen (Aluminium, Kupfer etc.)
B Maximal entlastet ohne Strompreiskomp.	400 GWh/a (Gesetzl. Grenze > 10 GWh/a)	> 20 %	7.000	✗	Hochspannung	Ammoniakproduktion, organische Chemie
C Durchschnittlich entlastet	10 GWh/a (Gesetzl. Grenze > 1 GWh/a)	> 12 % ¹	5.000	✗	Hochspannung	Herstellung von Glas & Glaswaren, Nichteisen-Gießereien, Elektrotechnik, Anlagenbau
D Nicht entlastet	0,8 GWh/a (Gesetzl. Grenze < 1 GWh/a)	< 12 % ¹	5.000	✗	Mittelspannung	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen, Fahrzeugbau & -zulieferer
 Eigenerzeugung	300 – 400 GWh/a	N/A	7.000	N/A	N/A	Eigenproduktion in Deutschland mit angenommener Gas-Heizkraftwerk-Anlage (KWK) mit 50 MW _{el}

1. Ab 2024 11 % 2. Beispielbranchen dienen nur als indikativer Hinweis – die Einteilung ist weder vollumfassend, noch sind Unternehmen angezeigter Branchen immer dem angelegten Verbraucher zuzuordnen. Zudem können bestimmte Unternehmen auch zwischen Verbrauchern liegen (bspw. Strompreiskompensationsberechtigte Unternehmen mit deutlich geringeren Energie- und Leistungsintensitäten wie die Unternehmen des Industriezweigs „Bearbeitung von Metallen“ oder „Herstellung von Papier“)
Hinweis: Für Verbraucher C und D 10 % Peak-Abweichung über konstantem Verbrauch angenommen
Quelle: Analyse BCG und IW

Annahmen

Tabelle 1 | Preisentwicklung Strom in Deutschland für verschiedene Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe und Preiskomponenten	Einheit	2023	2030
Verbraucher A	€₂₀₂₃/MWh	60	48
davon: Großhandelspreis inklusive Strompreis-kompensation	€ ₂₀₂₃ /MWh	60	38
davon: Netzentgelte	€ ₂₀₂₃ /MWh	1	3
davon: Abgaben, Umlagen und Beschaffung	€ ₂₀₂₃ /MWh	-1	8
Verbraucher B	€₂₀₂₃/MWh	105	92
davon: Großhandelspreis	€ ₂₀₂₃ /MWh	95	71
davon: Netzentgelte	€ ₂₀₂₃ /MWh	4	6
davon: Abgaben, Umlagen und Beschaffung	€ ₂₀₂₃ /MWh	6	16
Verbraucher C	€₂₀₂₃/MWh	134	132
davon: Großhandelspreis	€ ₂₀₂₃ /MWh	95	71
davon: Netzentgelte	€ ₂₀₂₃ /MWh	28	43
davon: Abgaben, Umlagen und Beschaffung	€ ₂₀₂₃ /MWh	10	18
Verbraucher D	€₂₀₂₃/MWh	171	161
davon: Großhandelspreis	€ ₂₀₂₃ /MWh	95	71
davon: Netzentgelte	€ ₂₀₂₃ /MWh	41	60
davon: Abgaben, Umlagen und Beschaffung	€ ₂₀₂₃ /MWh	34	30

Tabelle 2 | Preisentwicklung Strom in internationalen Vergleichsländern für verschiedene Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Einheit	2023	2030
USA			
Verbraucher A	€ ₂₀₂₃ /MWh	56	53
Verbraucher B	€ ₂₀₂₃ /MWh	57	53
Verbraucher C	€ ₂₀₂₃ /MWh	65	61
Verbraucher D	€ ₂₀₂₃ /MWh	69	65
China			
Verbraucher A	€ ₂₀₂₃ /MWh	41	38
Verbraucher B	€ ₂₀₂₃ /MWh	83	94
Verbraucher C	€ ₂₀₂₃ /MWh	89	102
Verbraucher D	€ ₂₀₂₃ /MWh	89	102
Spanien			
Verbraucher A	€ ₂₀₂₃ /MWh	90	60
Verbraucher B	€ ₂₀₂₃ /MWh	98	63
Verbraucher C	€ ₂₀₂₃ /MWh	114	86
Verbraucher D	€ ₂₀₂₃ /MWh	132	102

Tabelle 3 | Preisentwicklung Gas im internationalen Vergleich

Verbrauchergruppe	Einheit	2023	2030
Deutschland			
Großhandelspreis Deutschland	€ ₂₀₂₃ /MWh	44	28
Verbraucher A	€ ₂₀₂₃ /MWh	57	38
Verbraucher B	€ ₂₀₂₃ /MWh	75	46
Verbraucher C	€ ₂₀₂₃ /MWh	81	55
Verbraucher D	€ ₂₀₂₃ /MWh	97	65
USA	€₂₀₂₃/MWh	8	8
China	€₂₀₂₃/MWh	21	21

Tabelle 4 | Preisentwicklung CO₂

Preiskomponenten	Einheit	2023	2030
Marginale CO₂-Preise			
EU-ETS-1-Preis	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	84	119
BEHG-/EU-ETS-2-Preis	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	30	69
Effektiver Preis und freie Allokationen			
Effektive CO ₂ -Bepreisung Industrie	€ ₂₀₂₃ /MWh	105	92
(EU-ETS 1)	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	0 – 45	12 – 75
CBAM-Korrekturfaktor	%	0 %	49 %
Sektorübergreifender Korrekturfaktor	%	0 %	15 %
Jährliche Benchmark-Reduktion	%	1 %	1 %

Tabelle 5 | Preisentwicklung Wasserstoff (grün/blau) im internationalen Vergleich

Preiskomponenten	Einheit	2023	2030
Preis Deutschland grün	€₂₀₂₃/kg H₂	11,5	6,6
Preis Deutschland blau (Import aus Norwegen)	€₂₀₂₃/kg H₂	N/A	3,8
davon: Gestehungskosten grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	8,5	5,2
davon: Gestehungskosten blau in Norwegen	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	2,7	2,3
davon: Marge	%	7 %	6 %
davon: Inländische Distribution	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	1,3	0,1
davon: Speicherkosten	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	0,4	0,4
davon: Kompressionskosten	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	0,7	0,5
davon: Pipeline Transport Norwegen - Deutschland	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	N/A	0,3
Preis USA grün	€₂₀₂₃/kg H₂	8,4	4,7
Preis USA blau	€₂₀₂₃/kg H₂	3,5	2,2
davon: Gestehungskosten grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	6,8	4,8
davon: Gestehungskosten blau	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	1,3	1,4
davon: Marge	%	7 %	6 %
davon: Inländische Distribution, Speicher- und Kompressionskosten	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	2,4	1,0
davon: IRA-Subventionen grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	1,3	1,3
davon: IRA-Subventionen blau	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	0,3	0,3
Preis China grün	€₂₀₂₃/kg H₂	9,1	5,8
davon: Gestehungskosten grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	6,3	0,0
davon: Marge	%	7 %	6 %
davon: Inländische Distribution, Speicher- und Kompressionskosten	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	2,4	1,0
Preis Spanien grün	€₂₀₂₃/kg H₂	9,5	5,9
davon: Gestehungskosten grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	6,5	4,6
davon: Marge	%	7 %	6 %
davon: Inländische Distribution, Speicher- und Kompressionskosten	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	2,4	1,0

Tabelle 6 | Anwendungsspezifische CCS-Kosten (inkl. Transport)

Kostenkomponenten und Anwendungsbeispiele	Einheit	2035
Übergreifende Kosten		
Offshore-Speicherung (inkl. Offshore-Transport)	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	65
Onshore-Transport	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	18
Vergleich: Onshore-Speicherung	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	19
Kosten je Anwendungsbeispiel		
Stahl	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	146
Spitzenlastkraftwerk	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	220
Grundlastkraftwerk	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	513
Industrielle Hochtemperatur (Cracker)	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	157
Ammoniak	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	101
Methanol	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	101
Wasserstoffproduktion	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	137
Zement	€ ₂₀₂₃ /t CO ₂	172

Tabelle 7 | Weitere Annahmen der anwendungsspezifischen CCS-Kostenmodellierung

Variable	Einheit	2035
Wasserstoffpreis grün	€ ₂₀₂₃ /kg H ₂	5 – 7
Laststunden Spitzenlastkraftwerk	h/a	1.000
Laststunden Grundlastkraftwerk	h/a	4.000

Tabelle 8 | Entwicklung Zukunftstechnologien

Technologie	Einheit	2023	2030
Energiewende (installierte Leistung)			
Photovoltaik	GW	74	215
Wind an Land	GW	59	115
Wind auf See	GW	9	30
Gas- & Wasserstoffkraftwerke	GW	33	47
Speichertechnologien	GW	12	39
Elektrolyseleistung Inland	GW	0	10
Antriebswende			
E-Pkw-Bestand (Ziel der Bundesregierung)	Mio. Stück	1,4	15,0
Hybrid-Pkw-Bestand (entsprechend Klimapfade 2.0 Modellierung)	Mio. Stück	1,0	1,6
Leichte Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (entsprechend Klimapfade 2.0 Modellierung)	Mio. Stück		1,2
(Mittel)schwere Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (entsprechend Klimapfade 2.0 Modellierung)	Mio. Stück		0,2
Pkw: Private installierte Ladeleistung	GW		100
Pkw: Öffentlich installierte Ladeleistung	GW		40
Leichte Nutzfahrzeuge: Gesamt installierte Ladeleistung	GW		26
(Mittel)schwere Nutzfahrzeuge: Gesamte installierte Ladeleistung	GW		22
Wärmewende			
Wärmepumpen	Mio. Stück	2,1	6,5

Wachstumsmärkte

Bewertungskriterien für die Einwertung der Wachstumsmärkte

ABBILDUNG 113 | Bewertungskriterien für globale Marktattraktivität und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Illustrative Einwertung

Globale Marktattraktivität

Marktwachstum bis 2030 1 2 3 4 5

Wettbewerbsintensität 1 2 3 4 5

Profitabilität 1 2 3 4 5

Marktreife und Risiko 1 2 3 4 5

Durchschnittliche Gesamteinwertung 1 2 3 4 5

Heutige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Relevanz für Heimatmarkt (z. B. großer Heimatmarkt, wichtig für Lieferketten) 1 2 3 4 5

Guter Startpunkt (z. B. hoher Weltmarktanteil, Patente, Wissen) 1 2 3 4 5

Relevanz von Standortnachteilen, z. B. 1 2 3 4 5

- Energiekosten
- Rohstoffzugang
- Fachkräftezugang
- (optionale marktspezifische Barriere)

Durchschnittliche Gesamteinwertung 1 2 3 4 5

1 Marktattraktivität/Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands **gering** 5 Marktattraktivität/Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands **hoch**

Quelle: Analyse BCG und IW

Abbildungen

Abbildung 1 Übersicht der wesentlichen Standortindikatoren für die deutsche Industrie	2
Abbildung 2 Bruttowertschöpfung und Gefährdung der deutschen Industrie	4
Abbildung 3 Wertschöpfungsgewebe – indirekt ausgelöste Wertschöpfung der Industriezweige in Deutschland	5
Abbildung 4 Wachstumsmärkte nach globaler Marktattraktivität und deutscher Wettbewerbsfähigkeit	5
Abbildung 5 Industrielle Bruttowertschöpfung heute und in zwei Transformationsszenarien für 2035	6
Abbildung 6 Transformationspfad verschiedener chemischer Wertschöpfungsketten	7
Abbildung 7 Übersicht über 15 Handlungsfelder für eine erfolgreiche Transformation	8
Abbildung 8 Übersicht über 15 Handlungsfelder und mögliche politische Hebel	10
Abbildung 9 Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 für die Transformation der deutschen Industrie	11
Abbildung 10 Fiskalische Mehrbelastung für die deutsche Industrietransformation in 2025 und 2030	11
Abbildung 11 Wertschöpfungs- und Erwerbstätigenanteil des verarbeitenden/produzierenden Gewerbes	15
Abbildung 12 Produktionsentwicklung und Kapitalstockentwicklung im verarbeitenden Gewerbe nach Branchen	16
Abbildung 13 Übersicht wesentlicher Standortindikatoren für die deutsche Industrie heute und in Zukunft	17
Abbildung 14 Gaspreise verschiedener industrieller Verbraucher nach Ländern 2019, 2023 und 2030	18
Abbildung 15 Strompreise verschiedener industrieller Verbraucher in Deutschland 2019, 2023 und 2030	19
Abbildung 16 Strompreise verschiedener industrieller Verbraucher nach Ländern 2019, 2023 und 2030	20
Abbildung 17 CO ₂ -Preise in verschiedenen Ländern 2019, 2023 und 2030	21
Abbildung 18 Wasserstoffpreise für industrielle Abnehmer 2023 und 2030	22
Abbildung 19 Effektive Steuerbelastung der Unternehmensgewinne im OECD-Vergleich 2023, von 2000 – 2023	23
Abbildung 20 Arbeitskosten 2010 – 2022 und BIP pro Arbeitsstunde 2022 im internationalen Vergleich	24
Abbildung 21 Dauer ausgewählter Genehmigungsverfahren, Bürokratiekosten, digitale Verwaltungsleistungen	25
Abbildung 22 Kapazität von Netzenspassmanagementmaßnahmen in Deutschland pro Jahr nach Clustern	26
Abbildung 23 VDSL-Netz, Glasfasernetz und 5G-Netzabdeckung in Deutschland	27
Abbildung 24 Rückgang der Zahl an Menschen im erwerbsfähigen Alter 2021 – 2030	28
Abbildung 25 Jährliche Kosten des Fachkräftemangels und Anzahl offener Stellen 2022 nach Ländern	29
Abbildung 26 Fachkräftelücke für die Klimatransformation in am stärksten betroffenen Berufsgruppen 2030	30
Abbildung 27 Anzahl, Qualität und Aktualität von Patentanmeldungen zu emissionsarmen Technologien	31
Abbildung 28 Anteil direkter Importe ausgewählter Rohstoffe aus kritischen Ländern nach Deutschland	32
Abbildung 29 Anteil Chinas an Exporten ausgewählter raffinierter Produkte	32
Abbildung 30 Anteil Auslandsumsatz am Gesamtumsatz der Industrie, Anteil aus Nicht-Eurozone	33
Abbildung 31 Top-5-Exportländer für Deutschland je Industriezweig	34

Abbildung 32 Erforderliche Mehrinvestitionen zur Umsetzung der Klimawende, Reife regulatorischer Anreize	35
Abbildung 33 Ausbau der Stromübertragungs- und -verteilnetze von 2023 bis 2037	37
Abbildung 34 Öffentliche Ladepunkte in Deutschland 2019 – 2030	39
Abbildung 35 Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland je Sektor zwischen 2019 und 2023	40
Abbildung 36 Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland und international je Sektor zwischen 2019 und 2023	42
Abbildung 37 Anstiege der Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland und international je Sektor zwischen 2019 und 2030	43
Abbildung 38 Direkte und indirekte Wertschöpfung und Arbeitsplätze deutscher Grundstoffindustrien	44
Abbildung 39 Wertschöpfung und Arbeitsplätze in der deutschen Elektro-, Maschinen- und Autoindustrie	45
Abbildung 40 Wertschöpfungsgewebe - indirekt ausgelöste Wertschöpfung der Industriezweige in Deutschland	45
Abbildung 41 Gefährdete Wertschöpfung der deutschen Industrie (Grundstoffe, Zwischen-, Endprodukte)	47
Abbildung 42 Global größte Wachstumsmärkte durch Klimawende, Nachhaltigkeit, Digitalisierung u. a.	49
Abbildung 43 Globale Marktattraktivität und deutsche Wettbewerbsfähigkeit in Wachstumsmärkten	50
Abbildung 44 Übersicht attraktiver Wachstumsmärkte zur Stärkung der deutschen Wirtschaft	50
Abbildung 45 Zentrale Handlungsfelder für neues Industriewachstum in großen Zukunftsmärkten	58
Abbildung 46 Industrielle Bruttowertschöpfung heute und in zwei Transformationsszenarien für 2035	59
Abbildung 47 Durch Vorleistungen für die deutsche Automobilindustrie direkt und indirekt ausgelöste Wertschöpfung	60
Abbildung 48 Produktionskostenentwicklung und -volumen wesentlicher chemischer Grundstoffe	61
Abbildung 49 Produktionswert der Chemieindustrie 2022 nach Abwanderungsrisiko	62
Abbildung 50 Kostennachteile und resultierende Gefährdungen in den größten chemischen Grundstoffketten	64
Abbildung 51 Gefährdung verschiedener chemischer Wertschöpfungsstufen in großen Grundstoffketten	64
Abbildung 52 Transformationspfad verschiedener chemischer Wertschöpfungsketten	65
Abbildung 53 Produktionskosten verschiedener Baustoffe in 2019, 2023, 2030 in Deutschland	69
Abbildung 54 Kostenvergleich konventioneller mit dekarbonisierter Zementproduktion	70
Abbildung 55 Transformationspfad der deutschen Zementindustrie	71
Abbildung 56 Produktionskosten der Sekundärstahlproduktion nach Ländern in 2019, 2023 und 2030	73
Abbildung 57 Produktionskosten verschiedener Technologien zur Primärstahlerzeugung nach Ländern	75
Abbildung 58 Transformationspfad der deutschen Stahlindustrie bis 2045	76
Abbildung 59 Produktionskosten von Primäraluminium nach Ländern in 2019, 2023 und 2030	77
Abbildung 60 Produktionskosten von Sekundäraluminium nach Ländern in 2019, 2023 und 2030	78
Abbildung 61 Produktionskosten für Aluminiumwalzprodukte nach Ländern in 2019, 2023 und 2030	79
Abbildung 62 Transformationspfad der deutschen Aluminiumindustrie bis 2045	80

Abbildung 63 Erwartete Pkw-Neuverkäufe in Europa und global in 2024, 2030 und 2035 nach Antrieb	81
Abbildung 64 Produktionsanteil deutscher Autohersteller; Produktionskapazitäten entlang Batterie-WSK	82
Abbildung 65 Pkw-Preisvergleich zwischen Deutschland, USA und China in 2023 und 2030	83
Abbildung 66 Transformationspfad der Automobilindustrie	85
Abbildung 67 Prognose zur Entwicklung der deutschen Maschinen- und Anlagenbausegmente 2022 – 2028	86
Abbildung 68 Vergleich der Produktionskosten für Elektrolyseure in Deutschland, USA und China in 2023 und 2030	88
Abbildung 69 Kumulierte Investitionen in Industrie, Verkehr, Gebäude und Strom bis 2050 relevant für Maschinen- und Anlagenbau	89
Abbildung 70 Export- und Importvolumina der Elektro- und Digitalindustrie 2010 – 2023	90
Abbildung 71 Marktgröße Zukunftstechnologien 2023 und 2030; Standortattraktivität Europa, USA, China	92
Abbildung 72 Wertschöpfung, Beschäftigung, Produktion und Exportumsatz von KMU und größeren Unternehmen	94
Abbildung 73 15 Handlungsfelder für eine zukunftsfähige Industrie	96
Abbildung 74 Investitionen in Stromnetze und Systemkostenentwicklung bis 2035	98
Abbildung 75 Kumulierte Mehrinvestitionen in die Energieerzeugung 2024 – 2030	98
Abbildung 76 Instrumente für eine wettbewerbsfähige industrielle Energieversorgung	99
Abbildung 77 Kumulierte Mehrinvestitionen in das Stromsystem und mögliche Einsparpotenziale bis 2030	100
Abbildung 78 Kumulierte Mehrinvestitionen in Verkehrsinfrastrukturmodernisierung und -ausbau 2024 – 2030	103
Abbildung 79 Instrumente für den Ausbau und die Modernisierung der Infrastruktur	104
Abbildung 80 Spezifische CO ₂ -Infrastrukturkosten in drei verschiedenen CCS-Szenarien	105
Abbildung 81 CO ₂ -Emittenten, mögliche Pipelineführung sowie Speicherungspotenziale in Deutschland	106
Abbildung 82 Instrumente für die Digitalisierungsoffensive	107
Abbildung 83 Kumulierte Mehrinvestitionen in Digitalisierung (2024 – 2030)	108
Abbildung 84 Instrumente für den Bürokratieabbau und die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren	110
Abbildung 85 Instrumente zur Schließung der Arbeits- und Fachkräftelücke	111
Abbildung 86 Instrumente zur Minimierung kritischer Abhängigkeiten	113
Abbildung 87 Kumulierte Mehrinvestitionen in Minimierung kritischer Abhängigkeiten 2024 – 2030	114
Abbildung 88 Transformationspfade verschiedener Industriesektoren	115
Abbildung 89 Kumulierte Mehrinvestitionen in Industrietransformation und -dekarbonisierung 2024 – 2030	116
Abbildung 90 Instrumente für die Unterstützung der Industrietransformation und -dekarbonisierung	117
Abbildung 91 Benötigte Fördermenge für Power-to-Heat-Anwendungen (Hoch- und Mitteltemperatur)	118
Abbildung 92 Einsparpotenzial durch die Nutzung von CCS in verschiedenen Sektoren in 2035	120
Abbildung 93 Instrumente zur Erweiterung des Optionenraums bei der Dekarbonisierung	121

Abbildung 94 Nachfrage nach Sekundärrohstoffen in ausgewählten Grundstoffindustrien	123
Abbildung 95 Instrumente zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft	124
Abbildung 96 Instrumente für die Stärkung von Carbon-Leakage-Schutz/CO ₂ -Außenschutz	126
Abbildung 97 Kumulierte Mehrinvestitionen in Nachfrage nach grünen Technologien 2024 – 2030	128
Abbildung 98 Ziele und Status beim Erreichen des Hochlaufs exemplarischer Zukunftstechnologien	129
Abbildung 99 Instrumente für die Stärkung der Nachfrage nach grünen Technologien	130
Abbildung 100 Internationaler Vergleich von Forschung und Investitionen entlang der Innovationskette	132
Abbildung 101 Kumulierte Mehrinvestitionen für Innovation und Forschung und Entwicklung 2024 – 2030	133
Abbildung 102 Instrumente für die Stärkung der Innovation in Zukunftstechnologien	134
Abbildung 103 Übersicht internationaler Subventionen für Produktionsaufbau in Zukunftsmärkten	135
Abbildung 104 Instrumente zur Unterstützung der Lokalisierung neuer Produktion	136
Abbildung 105 Instrumente für den Ausbau des fairen Freihandels	137
Abbildung 106 Kennzahlen zur Europäischen Union	138
Abbildung 107 Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 für die Transformation der deutschen Industrie	143
Abbildung 108 Mehrinvestitionsbedarf bis 2030 nach Finanzierungsquelle und politischen Anreizen	145
Abbildung 109 Investitionsquoten und Kapitalstockveränderungen im internationalen Vergleich	147
Abbildung 110 Fiskalische Belastung in 2025 und 2030 durch Transformation gegenüber 2023	149
Abbildung 111 Kostenstruktur je Sektor in 2019	156
Abbildung 112 Archetypische industrielle Verbrauchergruppen Strom Energiemenge, Stromkostenintensität, Jahresvolllaststunden und Strompreiskompensation	157
Abbildung 113 Bewertungskriterien für globale Marktattraktivität und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands	164

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Preisentwicklung Strom in Deutschland für verschiedene Verbrauchergruppen	158
Tabelle 2 Preisentwicklung Strom in internationalen Vergleichsländern für verschiedene Verbrauchergruppen	159
Tabelle 3 Preisentwicklung Gas im internationalen Vergleich	159
Tabelle 4 Preisentwicklung CO ₂	160
Tabelle 5 Preisentwicklung Wasserstoff (grün/blau) im internationalen Vergleich	161
Tabelle 6 Anwendungsspezifische CCS-Kosten (inkl. Transport)	162
Tabelle 7 Weitere Annahmen der anwendungsspezifischen CCS-Kostenmodellierung	162
Tabelle 8 Entwicklung Zukunftstechnologien	163

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Begriff	Abkürzung	Definition
Advanced Driver Assistance System	ADAS	Technologien für assistiertes Fahren (SAE Level 1 – 2+)
Autonomous Driving	AD	Technologien für automatisiertes und autonomes Fahren (SAE Level 3 – 5)
Antriebswende	AW	Umstellung von fossilen Antriebstechnologien hin zu nachhaltigen und umweltfreundlichen Alternativen wie Elektro- oder Wasserstoffantrieben
Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery-Electric-Vehicle)	BEV	Rein elektrisches Fahrzeug mit Energiespeicherung in einer Batterie, angetrieben durch Elektromotor und Motorsteuerung anstelle eines Verbrennungsmotors
Biochar-Carbon-Removal	BCR	Verfahren zur Entfernung von CO ₂ aus der Atmosphäre, bei dem Biomasse in einer sauerstoffarmen Umgebung erhitzt wird, um Biochar (Pflanzenkohle) zu produzieren, die dann als stabiler Kohlenstoffspeicher in den Boden eingebracht wird
Bioenergy with Carbon-Capture, (Utilization), and Storage	BECC(U)S	Im Kontext des Treibhausgasneutralitätspfades wird der Abkürzung „BECC(U)S“ in der vorliegenden Studie vorrangig dazu verwendet, um das Einfangen und die dauerhafte Sequestrierung von biogenem CO ₂ in Speicherstätten oder durch dauerhafte stoffliche Bindung zu beschreiben
Biogas	BG	Gas aus der Vergärung organischer Stoffe, oftmals Abfallprodukte aus der Landwirtschaft oder Energiepflanzen – in dieser Studie inkl. Biomethan als aufbereitetes Biogas
Biokraftstoffe	BK	Kraftstoffe, die aus Biomasse erzeugt werden (zum Beispiel Bioethanol, Biodiesel, Biogas)
Biomasse	BM	In dieser Studie: Organische Stoffe pflanzlichen Ursprungs, beispielsweise Holz
„blauer“ Wasserstoff	BH ₂	Wasserstoff, der durch Dampfreformierung von Erdgas gewonnen wird, wobei das entstehende CO ₂ abgefangen und gespeichert oder weiterverwendet wird, um die Emissionen zu reduzieren
Balance of Plant	BoP	Komponenten und Hilfseinrichtungen, die zusammen mit der Hauptausrüstung eines Kraftwerks betrieben werden, z. B. Pumpen, Lüfter, Rohrleitungen und Steuerungssysteme
Brennstoffemissionshandelsgesetz	BEHG (perspektivisch EU-ETS 2)	Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen, das seit 2021 eine CO ₂ -Bepreisung über ein nationales Emissionshandelssystem für die Sektoren Wärme und Verkehr eingeführt hat
Bruttoinlandsprodukt	BIP	Gesamtwert der im Inland erzeugten Produkte und Dienstleistungen, die nicht als Vorleistung bei der Erzeugung anderer Produkte und Dienstleistungen verwendet werden
Bruttowertschöpfung	BWS	Gesamtwert der erzeugten Produkte und Dienstleistungen in den einzelnen Wirtschaftsbereichen abzüglich des Wertes von Vorleistungen
Bundesagentur für Sprunginnovationen	SPRIND	Eine Agentur der deutschen Bundesregierung, die darauf abzielt, disruptive Innovationen zu fördern und bahnbrechende technologische Entwicklungen voranzutreiben
Bundesförderung für effiziente Gebäude	BEG	Programm der Bundesrepublik Deutschland zur Förderung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und zum Wechsel auf erneuerbare Energieträger in Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie für Einzelmaßnahmen, durchgeführt von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
Bundesförderung Industrie und Klimaschutz	BIK	Förderprogramm der Bundesregierung, das Unternehmen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Emissionsreduzierung und zur Anpassung an den Klimawandel unterstützt, insbesondere durch finanzielle Zuschüsse und Beratung

Begriff	Abkürzung	Definition
Bundes-Immissionsschutzgesetz	BImSchG	Deutsches Gesetz, das Regelungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge definiert
Carbon-Border-Adjustment-Mechanism	CBAM	Der Carbon-Border-Adjustment-Mechanism der EU ist ein Mechanismus, der sicherstellen soll, dass importierte Waren denselben CO ₂ -Preis haben wie in der EU produzierte Waren, um „Carbon-Leakage“ zu verhindern. Er zielt darauf ab, Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden und globale Klimaschutzmaßnahmen zu fördern, indem Importeuren von energieintensiven Gütern CBAM-Zertifikate auferlegt werden
Carbon-Capture, Utilization, and Storage	CCUS	Im Kontext des Treibhausgasneutralitätspfad wird die Abkürzung CCUS in dieser Studie vorrangig gebraucht, um das Einfangen und die dauerhafte Sequestrierung von CO ₂ in Speicherstätten (CCS) oder durch dauerhafte stoffliche Bindung (CCU) zu beschreiben
Carbon Contracts for Difference	CCfDs	Klimaschutzvertrag, bei dem durch klimafreundliche Produktion entstehende Mehrkosten von der CO ₂ -Bepreisung abhängig sind. Beim CCfD wird die Differenz zwischen dem vereinbarten „Strike-Price“ und dem CO ₂ -Preis erstattet (siehe auch „Klimaschutzvertrag“)
Carbon-Leakage		Verlagerung von Produktionsstandorten in Drittländer aufgrund klimapolitisch bedingter Produktionsmehrkosten im Inland
Carbon-Capture and Storage	CCS	Das Einfangen und die dauerhafte Sequestrierung von CO ₂ in Speicherstätten
Carbon-Capture and Utilization	CCU	Das Einfangen und die dauerhafte Sequestrierung von CO ₂ durch dauerhafte stoffliche Bindung
Carbon-Dioxide-Removal	CDR	Techniken und Verfahren, die darauf abzielen, CO ₂ aus der Atmosphäre zu entfernen und langfristig zu speichern, um die Konzentration von Treibhausgasen zu reduzieren und dem Klimawandel entgegenzuwirken
Carbon-Management-Strategie	CMS	Strategie der deutschen Bundesregierung, die den Rahmen für Carbon-Capture and Storage (CCS) sowie Carbon-Capture and Utilization (CCU) in Deutschland definiert
Cathode-Active-Materials	CAM	Materialien, die in den Kathoden von Batterien verwendet werden, um die elektrochemischen Reaktionen zu ermöglichen, die zur Speicherung und Freisetzung von Energie notwendig sind. Sie sind entscheidend für die Leistung und Lebensdauer von Batterien
chemisches Recycling		Recyclingverfahren, bei dem Kunststoffe in ihre chemischen Grundbausteine umgewandelt werden
CHIPS and Science Act		US-Gesetz zur Stärkung der inländischen Produktion und Forschung im Bereich der Halbleiter, einschließlich erheblicher finanzieller Investitionen und Sicherheitsmaßnahmen
CO ₂ -arme Moleküle		Moleküle, deren Herstellung und Verwendung mit geringen CO ₂ -Emissionen verbunden sind
CO ₂ -Äquivalent	CO ₂ ä	Masseinheit zur Vereinheitlichung des Klimaeffekts verschiedener Treibhausgase auf Basis des Effekts von Kohlenstoffdioxid
Contract for Difference	CfD	Vertrag, bei dem eine Partei der anderen die Differenz zwischen dem vereinbarten „Strike-Price“ und dem Marktpreis eines Gutes zahlt – zum Beispiel zur Förderung von erneuerbarem Strom

Begriff	Abkürzung	Definition
DC 40, 41, 42		Spezielle Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HVDC) in Deutschland, die zur Übertragung von Windenergie aus dem Norden in den Süden dienen. Diese Projekte beinhalten die SuedLink-, SuedOstLink- und die A-Nord-Leitung, die teilweise als unterirdische Kabelsysteme ausgeführt werden sollen
Defossilisierung	DF	Wechsel auf nicht fossile Energieträger und Rohstoffe
Dekarbonisierung	DK	Grundsätzliche Umstellung von CO ₂ -intensiven auf CO ₂ -freie bzw. -arme Technologien – in der vorliegenden Studie inkl. stofflicher Defossilisierung, beispielsweise in der Chemie
Deutsche Agentur für Transfer und Innovation	DATI	Eine Agentur der deutschen Bundesregierung, die darauf abzielt, Forschungsergebnisse schneller und effektiver in wirtschaftliche und gesellschaftliche Anwendungen zu überführen. Die DATI fördert sowohl technologische als auch soziale Innovationen und unterstützt den Aufbau regionaler Innovationsökosysteme, indem sie Akteure aus Hochschulen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft miteinander vernetzt
Direct-Air-Capture (Direct-Air-Carbon-Capture, Utilization, and Storage)	DAC (DACCUS)	Im Kontext des Treibhausgasneutralitätspfad werden die Begriffe „DAC“ und „DACCUS“ in dieser Studie vorrangig gebraucht, um das Einfangen und die dauerhafte Sequestrierung von atmosphärischem CO ₂ in Speicherstätten oder durch dauerhafte stoffliche Bindung zu beschreiben
Direktreduktion – Elektrolichtbogenofen	DRI-EAF	DRI: CO ₂ -armes Verfahren zur Reduktion von Eisenerz zu Eisenschwamm, welcher dann zu Rohstahl weiterverarbeitet werden kann EAF: Prozess zur Gewinnung von Sekundärstahl aus Stahlschrott oder Primärstahl aus Direktreduktion (DRI)
Erneuerbare-Energien-Gesetz	EEG	Gesetz, das seit 2000 den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland fördert, indem Erzeuger von erneuerbarem Strom über einen Zeitraum von meist 20 Jahren eine garantierte Vergütung erhalten, die auf die Stromverbraucher umgelegt wird
EEG-Umlage		Zuschlag auf den Strompreis von Verbrauchern zur Refinanzierung der Förderung für erneuerbaren Strom aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
E-Fuels		Siehe „synthetische Kraftstoffe“
Elektrolyse (Wasserstoff)		Synthese von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe von elektrischem Strom
Energiewende		Die Energiewende beschreibt den grundlegenden Wandel der Energieversorgung hin zu einer nachhaltigen, dezentralen und erneuerbaren Energieproduktion. Ziel ist es, die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren und die Treibhausgasemissionen zu minimieren, um den Klimawandel zu bekämpfen und eine langfristig sichere und umweltfreundliche Energieversorgung zu gewährleisten
Energiewirtschaftsgesetz	EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, welches den Elektrizitäts- und Gasversorgungsnetzbetrieb sowie den Wettbewerb zwischen Erzeugern regelt
erneuerbare Energien (auch "Erneuerbare")	EE	Energiequellen, welche sich auf natürliche Weise erneuern und so unbegrenzt genutzt werden können. Dazu zählen Wind- und Solarenergie sowie Wasserkraft
EU Emissions Trading System	EU ETS, kurz ETS	Emissionshandelssystem der Europäischen Union

Begriff	Abkürzung	Definition
European Train Control System	ETCS	Das ETCS ist ein standardisiertes Zugkontroll- und Signalsystem, das die Interoperabilität, Sicherheit und Effizienz im europäischen Schienenverkehr durch kontinuierliche Überwachung und Steuerung der Zugbewegungen verbessert
Fernwärme	FW	Wärmelieferung zur Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser (sowie Prozesswärme) über eine Leitung durch einen Vertragspartner des Gebäudeeigentümers
fiskalische Belastungen		Saldo aus durch die Umsetzung der Transformationsmaßnahmen entstehenden zusätzlichen Einnahmen, Ausgaben und Einnahmeverlusten des Staates gegenüber dem Status quo im Jahr 2023
„Fit for 55“-Paket		EU-Gesetzesentwurf mit verschiedenen Regulierungsvorschlägen zur Erreichung des Emissionssenkungsziels bis 2030. Diese Maßnahmen sind noch nicht in Kraft und müssen nun mit den EU-Mitgliedsstaaten, dem Europäischen Rat und dem EU-Parlament verhandelt werden
Flexibilität (Stromnetz)		Veränderung von Stromeinspeisung oder -entnahme in Reaktion auf ein externes Signal zur Erbringung einer Dienstleistung im Energiesystem – zum Beispiel zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit oder (Verteil-)Netzstabilität
Fiber-to-the-Curb	FTTC	FTTC ist eine Breitbandtechnik, bei der Glasfaserkabel bis zum Verteilerkasten in der Nähe eines Gebäudes verlegt werden. Die letzte Strecke bis zum Haus wird durch Kupferleitungen überbrückt
Future Railway Mobile Communication System	FRMCS	FRMCS ist ein internationaler Kommunikationsstandard auf Basis von 5G für Eisenbahnen, der GSM-R ablösen soll und die Digitalisierung und Effizienz im Schienenverkehr unterstützt
Gebäudeenergiegesetz	GEG	Das GEG fasst die bisherigen Regelungen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien in Gebäuden zusammen und zielt darauf ab, den Energieverbrauch und die CO ₂ -Emissionen zu reduzieren
gesicherte Leistung		Jederzeit verfügbare Mindesterzeugungsleistung, unabhängig beispielsweise von Witterungsbedingungen oder technischen Ausfällen
Generation-Komponente	G-Komponente	Der Teil eines Energiesystems, der für die Erzeugung von Energie zuständig ist. Dazu gehören Anlagen wie Kraftwerke, Solaranlagen und Windkraftanlagen, die primäre Energiequellen in nutzbare elektrische Energie umwandeln
GPU-Rechen-Server		Ein Server mit Grafikprozessoren (GPUs), optimiert für datenintensive Anwendungen wie künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen
„grüne“ Gase		Gasförmige Energieträger, deren Verbrennung klimaneutral ist. Im Kontext der vorliegenden Studie sind hier vor allem Biogas/Biomethan und „grüner“ Wasserstoff gemeint
„grüne“ Kraftstoffe		Biokraftstoffe, synthetische Kraftstoffe und „grüner“ Wasserstoff (im Kontext der vorliegenden Studie)
„grüner“ Wasserstoff	„grüner“ H ₂	Wasserstoff aus der CO ₂ -neutralen Elektrolyse (Power-to-X) von Wasser mit erneuerbarem Strom
Hybrid-Fiber-Coax-Netze	HFC-Netze	Ein Breitbandnetz, das Glasfaserkabel für den Hauptteil der Strecke und Koaxialkabel für die letzte Strecke zu den Haushalten nutzt. Diese Kombination ermöglicht hohe Datenübertragungsraten und eine breite Verfügbarkeit

Begriff	Abkürzung	Definition
Important Projects of Common European Interest	IPCEIs	EU-Initiativen, die wirtschaftliche, industrielle und soziale Entwicklung fördern und strategische Herausforderungen angehen
(Industrial) Internet of Things	(I)IOT	Vernetzung und Digitalisierung von industriellen Anlagen und Maschinen zur Verbesserung von Effizienz, Produktivität und Wartung durch Datenaustausch und -analyse
Industriedienstleistungsverbund		Industriedienstleistungsverbund bezeichnet die engen Vorleistungsverflechtungen zwischen Industrie und Dienstleistungen, die zur Steigerung von Effizienz und Produktivität beitragen. Diese Verflechtungen umfassen Outsourcing, spezialisierte Dienstleistungen und rechtlich unabhängige, aber wirtschaftlich verbundene Unternehmen Für mehr Informationen siehe: Lang, T., Bähr, C., 2022, <i>Monitoring zur industriellen Entwicklung im Rahmen der Industriestrategie 2030</i>. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). https://www.iwconsult.de/projekte/monitoring-zur-industriellen-entwicklung-im-rahmen-der-industriestrategie-2030/
Industrielle Gemeinschaftsforschung	IGF	Förderprogramm zur Förderung, Forschung, die von Industrieunternehmen gemeinsam durchgeführt wird, um Innovationen zu fördern und Wettbewerbsvorteile zu erzielen
Inflation Reduction Act	IRA	Ein US-Gesetz, das Maßnahmen zur Senkung der Inflation durch Steuererhöhungen für Unternehmen, Investitionen in erneuerbare Energien und Senkung der Gesundheitskosten umfasst
Infrastructure Investments and Jobs Act		Ein US-Gesetz, das umfangreiche Investitionen in die Infrastruktur wie Straßen, Brücken, öffentlichen Verkehr und Breitbandinternet vorsieht, um Arbeitsplätze zu schaffen und die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit zu stärken
Kilowattstunde	kWh	Einheit für Energie (1000 Wattstunden)
Klimaneutralität		Vollständige Vermeidung von Treibhausgasemissionen bzw. vollständiger Ausgleich von Restemissionen (siehe "Treibhausgasneutralität")
Klimaschutz-Sofortprogramm		Haushaltsprogramm mit Mittelaufstockungen für Klimaschutzmaßnahmen mit dem Ziel der weiteren Minderung von Treibhausgasemissionen über alle vier Sektoren, im Jahr 2021 mit größtem Fokus auf dem Gebäudesektor zur Schließung der Klimaschutzziellücke im Gebäudesektor in 2020
Klimaschutzvertrag	KSV	Einzelvertragliche Regelung zwischen der öffentlichen Hand und einem Unternehmen, um die durch den Wechsel auf grüne Technologien bzw. Energieträger entstehenden Mehrkosten (im Vergleich zu fossilen Referenztechnologien) auszugleichen. Basierend auf einem Vertragspreis wird dafür die Zahlung einer Klimaschutzprämie vereinbart (siehe „CCfD“)
Klima- und Transformationsfonds	KTF	Ein deutscher Fonds zur Finanzierung von Maßnahmen, die den Klimaschutz und die Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft unterstützen, einschließlich Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz
Klinkerfaktor		Anteil von Zementklinker im Zement. Verschiedene Zementarten haben unterschiedlich hohe Klinkerfaktoren
Kohlendioxid-Speicherungsgesetz	KSpG	Ein deutsches Gesetz, das die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Abscheidung, den Transport und die Speicherung von Kohlendioxid (CO ₂) regelt, um die CO ₂ -Emissionen zu reduzieren und den Klimaschutz zu fördern

Begriff	Abkürzung	Definition
kostenlose Zuteilungen		Emissionszertifikate, welche Unternehmen im Kontext des ETS kostenlos zugeteilt werden. Im Zuge des Übergangs zu Versteigerungen verringert sich die Menge der kostenlosen Zuteilungen jährlich zum Beispiel über strengere Effizienz-Benchmarks
Kraft-Wärme-Kopplung	KWK	Gleichzeitige Umwandlung von Energie in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme innerhalb eines thermodynamischen Prozesses
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	KWKG	Gesetz, welches die Stromeinspeisung und -vergütung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen regelt
Kreditanstalt für Wiederaufbau	KfW	Deutsche Förderbank, die sich auf die Finanzierung von Maßnahmen zur wirtschaftlichen Entwicklung, Umwelt- und Klimaschutz sowie Wohnungsbau konzentriert
kumulierte Kosten		Über einen bestimmten Zeitraum aufsummierte Kosten (in der vorliegenden Studie meist 2024 bis 2030)
künstliche Intelligenz	KI	Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Entwicklung von Systemen befasst, die menschenähnliche Intelligenzleistungen erbringen können, wie das Lernen, das Problemlösen und das Verstehen natürlicher Sprache
Ladepunkt		Einrichtung mit einem montierten Ladekabel oder einer montierten Ladebuchse, an welchem/welcher ein elektrisches Fahrzeug geladen werden kann. Eine Ladestation (zum Beispiel Wallbox oder Ladesäule) kann mehrere Ladepunkte haben
Ladestation		Einrichtung, an welcher mehrere Ladepunkte angebracht sind. Folglich können mehrere Fahrzeuge zur selben Zeit geladen werden
Langfristig negative Emissionen	LNe	Maßnahmen und Technologien, die dauerhaft mehr CO ₂ aus der Atmosphäre entfernen, als sie emittieren, um das Klima langfristig zu stabilisieren und den Klimawandel zu bekämpfen
Large Language Models	LLM	Künstliche Intelligenz-Modelle, die auf großen Textdatensätzen trainiert werden, um menschenähnliche Textgenerierung und Sprachverarbeitung zu ermöglichen
leichtes Nutzfahrzeug	LNF	Nutzfahrzeug mit einem Gewicht von weniger als 3,5 Tonnen
Liquefied Natural Gas	LNG	Durch Tiefkühlung verflüssigtes Erdgas
Low-Emission-Steel Standard	LESS	Ein Standard, der Richtlinien und Kriterien für die Herstellung von Stahl mit deutlich reduzierten CO ₂ -Emissionen festlegt, um den ökologischen Fußabdruck der Stahlindustrie zu verringern
mechanisches Recycling		Kunststoffrecyclingverfahren, bei dem die Grundstruktur der Kunststoffe nicht wesentlich verändert wird
Megatonne	Mt	Einheit für Gewicht (10 ⁶ Tonnen)
Megawattstunde	MWh	Einheit für Energie (10 ⁶ Wattstunden)
Mehrbelastungen		Die nach Umsetzung aller politischen Instrumente entstehenden tatsächlichen jährlichen Mehrausgaben privater Haushalte und Unternehmen gegenüber dem Status quo im Jahr 2023
Mehrinvestitionen		Die Gesamtheit der Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen, die zur Erreichung des Ziels getätigt werden. Dies inkludiert auch diejenigen Investitionen, welche bereits in der Referenz getätigt werden

Begriff	Abkürzung	Definition
Methan		Treibhausgas, welches u. a. in der Landwirtschaft emittiert wird
Mehrkosten		Die Gesamtheit aller im Rahmen der Klimaschutzmaßnahmen getätigten annualisierten Investitionen sowie eingesparte und zusätzliche Energieträger- und Betriebskosten
Methanol-to-X	MtX	Ein Verfahren, bei dem Methanol als Ausgangsstoff zur Herstellung verschiedener Produkte wie Kraftstoffe, Chemikalien und Kunststoffe verwendet wird
Molekülwende		Der Übergang von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren und CO ₂ -neutralen Molekülen in der Chemie- und Energieindustrie, um nachhaltige Produktionsprozesse und Energiequellen zu fördern
Nationale Forschungsdateninfrastruktur	NFDI	Eine bundesweite Initiative zur Schaffung einer nachhaltigen und vernetzten Infrastruktur für Forschungsdaten, um den Zugang, die Verwaltung und die Nutzung von Daten über Disziplinen hinweg zu verbessern
Nationaler Normenkontrollrat	NKR	Ein Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung, das die Gesetzgebung auf Bürokratiekosten überprüft und Vorschläge zur Entbürokratisierung und Rechtsvereinfachung macht
„negative“ Emissionen		Emissionen, welche beispielsweise durch BECCUS oder DACCUS aus der Atmosphäre entfernt werden
Net-Zero Industry Act	NZIA	Ein EU-Gesetz, das darauf abzielt, die Industrie zu dekarbonisieren, indem es Investitionen in saubere Technologien fördert und Rahmenbedingungen schafft, um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen
Netzentwicklungsplan	NEP	Umfasst die Studien „Netzentwicklungsplan Strom“ und „Netzentwicklungsplan Gas“, welche laut Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) durch Übertragungsnetz- bzw. Fernleitungsbetreiber vorgelegt werden müssen
Netzkapazität		Fassungsvermögen des Stromnetzes
öffentlich zugänglicher Ladepunkt		Öffentlich zugänglicher Ladepunkt (an Autobahnen, in Innenstädten, in Parkhäusern etc.) für batterieelektrische Fahrzeuge. Im Kontext dieser Studie werden alle öffentlich zugänglichen Ladepunkte mit einer Leistung geringer als 50 kW inkludiert
Offshore-Speicherung		Die Speicherung von CO ₂ in geologischen Formationen unter dem Meeresboden
Onlinezugangsgesetz	OZG	Ein deutsches Gesetz zur Digitalisierung von Verwaltungsleistungen
Onshore-Speicherung		Die Speicherung von CO ₂ in geologischen Formationen an Land
Ordnungsrecht		Art von Politikinstrumenten, mit denen Akteuren bestimmte Maßnahmen vorgeschrieben oder verboten werden. Beispiele sind die Pflicht zum Tragen eines Sicherheitsgurtes im Auto oder Grenzwerte für den Schadstoffausstoß von Fabriken
Packaging and Packaging Waste Regulations	PPWR	Eine EU-Verordnung zur Reduzierung von Verpackungsabfällen durch Recycling und umweltfreundlichere Materialien
per annum	p. a.	pro Jahr
Petajoule	PJ	Einheit für Energie (10 ¹⁵ Joule)
Photovoltaik	PV	Umwandlung von Lichtenergie zu elektrischer Energie durch Solarzellen

Begriff	Abkürzung	Definition
Plug-in Hybrid Electric Vehicles (Plug-in-Hybrids)	PHEV	Fahrzeuge, welche sowohl über ein elektrisches als auch ein konventionelles Antriebs- und Energiesystem verfügen. Diese Fahrzeuge sind daher sowohl mit einem Elektro- als auch mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet
Polyvinylchlorid	PVC	Ein weit verbreiteter, langlebiger Kunststoff, der im Bauwesen, in der Medizin und in vielen Konsumgütern verwendet wird
Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen	PFAS	Eine Gruppe synthetischer Chemikalien, die in Industrie und Konsumgütern wegen ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften eingesetzt werden
Precursor Cathode Active Materials	pCAM	Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Kathoden in Lithium-Ionen-Batterien
Power-to-X (inkl. Power-to-Heat)	PtX (PtH)	Verschiedene Verfahren zur Konversion von erneuerbarem Strom zu: → Gas (Power-to-Gas, PtG) → Wärme (Power-to-Heat, PtH) → Kerosin (Power-to-Kerosin, PtK) → flüssigen Energieträgern (Power-to-Liquid, PtL)
Querschnittstechnologien		Technologien mit Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Industrien. Beispiele sind Antriebe, Pumpen, Druckluftanlagen, Ventilatoren, Kompressoren und Beleuchtung
Renewable Energy Directive II	RED II	Revidierte Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU, die Ziele für die Nutzung von erneuerbaren Energien setzt
Renewable Energy Directive III	RED III	Eine EU-Richtlinie, die den Ausbau erneuerbarer Energien fördert und verbindliche Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch festlegt
Renewable Fuels of Non-Biological Origin	RFNBO	Kraftstoffe, die aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt werden, aber nicht aus biologischen Materialien stammen, zum Beispiel synthetische Kraftstoffe aus grünem Wasserstoff
Sanierungsfahrplan		Aufstellung gebäudespezifischer Maßnahmen mit dem Ziel der Erreichung eines Energieniveaus entsprechend dem gebäudespezifischen Primärenergiebedarfsziel inkl. zeitlicher Abfolge, erwarteter Kosten und verfügbarer Fördermittel
(Seed) Enterprise Investment Scheme	(S)EIS	Ein britisches Steueranreizprogramm zur Förderung von Investitionen in Start-ups und kleinen Unternehmen durch steuerliche Vergünstigungen für Investoren
Spotmarkt		Ein Markt, auf dem Waren, Wertpapiere oder Finanzinstrumente sofort gehandelt und geliefert werden, oft innerhalb eines Tages
Steamcracking		Verfahren in der Petrochemie, bei dem länger-kettige Kohlenwasserstoffe wie Naphtha in kurzkettige oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden
Stromnetzentgeltverordnung	StromNEV	Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen und die Ermittlung der Netznutzungs-entgelte
Strompreiskompensation	SPK	Kompensation für Stromverbraucher von indirekten CO ₂ -Kosten, die bei der Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern zu entrichten sind und deshalb auf den Strompreis aufgeschlagen werden
Supercap		Feste Begrenzung staatlich induzierter Preisbestandteile auf einen Anteil der Bruttowertschöpfung oder des Unternehmensumsatzes
Sustainable Aviation Fuel	SAF	Kraftstoff für die Luftfahrt, der aus erneuerbaren Ressourcen hergestellt wird und geringere CO ₂ -Emissionen als herkömmliches Kerosin verursacht

Begriff	Abkürzung	Definition
Synthetische Kraftstoffe		Kraftstoffe, die in PtX-Prozessen hergestellt werden. Synthetische Kraftstoffe sind eine CO ₂ -neutrale Alternative zu herkömmlichen Kraftstoffen, da die Menge des bei der Herstellung gebundenen CO ₂ mit der bei der Verbrennung freigesetzten CO ₂ -Menge identisch ist
Terawattstunde	TWh	Einheit für Energie (10 ¹² Wattstunden)
Treibhausgas	THG	Atmosphärische Gase wie CO ₂ und Methan, welchen den anthropogenen Treibhauseffekt verursachen. Treibhausgase absorbieren einen Teil der von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung und tragen so zum Klimawandel bei. Sie werden in dieser Studie in der Einheit „CO ₂ ä“ zusammengefasst
Treibhausgasneutralität		Siehe „Klimaneutralität“
Übertragungsnetz		Teil des Stromnetzes, mit dem elektrische Energie über weite Entfernungen mittels Hochspannungsleitungen geleitet wird, meist bei 220 oder 380 Tsd. Volt
Vermeidungskosten		Kosten, welche für die Reduktion von 1 Mt CO ₂ anfallen – in der Regel im Vergleich zu einer Referenztechnologie
Very-High-Speed Digital Subscriber Line	VDSL	Eine Breitbandtechnologie, die hohe Datenübertragungsraten über bestehende Kupfertelefonleitungen ermöglicht
Verteilnetz		Teil des Stromnetzes, mit dessen Hilfe elektrische Energie über begrenzte Entfernungen an Kunden verteilt wird
Wärmepumpe	WP	Technologie, welche unter Einsatz von Strom und Nutzung von Umweltwärme Wärme bereitstellt
Wärmewende		Der Übergang zu erneuerbaren Energien und effizienteren Heiztechnologien zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen
Wasserstoff	H ₂	Gas, welches unter Einsatz von Energie aus Wasser gewonnen und anschließend als Energieträger genutzt werden kann
Wertschöpfungskette	WSK	Die gesamte Abfolge von Produktions- und Dienstleistungsprozessen, die zur Herstellung eines Produkts oder zur Erbringung einer Dienstleistung notwendig ist, von der Rohstoffbeschaffung bis zur Auslieferung an den Endkunden
Wind-Assisted Carbon Capture System	WACCS	Ein System, das Windkraft zur Verbesserung der Kohlenstoffabscheidung nutzt
Windenergie-auf-See-Gesetz	WindBG	Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen "auf See"
World Intellectual Property Organization	WIPO	Eine UN-Organisation zur Förderung und Harmonisierung des Schutzes geistigen Eigentums weltweit
World Trade Organization	WTO	Welthandelsorganisation
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand	ZIM	Förderprogramm des BMWK zur Unterstützung der Innovationskraft kleiner und mittelständischer Unternehmen in der Breite

Quellen

[Agora Energiewende] Agora Energiewende (2023). *Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen*. Erreichbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-14_DE_Flex_heben/A-EW_315_Flex_heben_WEB.pdf. [08.07.2024]

[Agora Industry] Agora Industry (2022). *Getting the Transition to CBAM Right: Finding pragmatic solutions to key implementation questions*. Erreichbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_09_IND_Climate_Trade_CBAM_1/A-EW_250_CBAM_WEB.pdf. [08.07.2024]

[BCG und Prognos] Boston Consulting Group und Prognos (2018). *Klimapfade für Deutschland*. Erreichbar unter: https://www.prognos.com/sites/default/files/2021-01/20180118_bdi_studie_klimapfade_fuer_deutschland_01.pdf. [08.07.2024]

[BCG] Boston Consulting Group (2021). *Klimapfade 2.0: Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft*. Erreichbar unter: <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>. [08.07.2024]

[BCG] Boston Consulting Group (2023a). *Green Awakening: Are Consumers Open to Paying More for Decarbonized Products?* Erreichbar unter: <https://www.bcg.com/publications/2023/consumers-are-willing-to-pay-for-net-zero-production>. [08.07.2024]

[BCG] Boston Consulting Group (2023b). *The Winds of Change in Green Steel*. Erreichbar unter: <https://media-publications.bcg.com/The-Winds-of-Change-in-Green-Steel.pdf>. [08.07.2024]

[BCG] Boston Consulting Group (2023c). *Turning the European Green Hydrogen Dream into Reality: A Call to Action*. Erreichbar unter: <https://media-publications.bcg.com/Turning-the-European-Green-H2-Dream-into-Reality.pdf>. [08.07.2024]

[BCG] Boston Consulting Group (2024a). *De-risking Europe's H2 agenda*.

[BCG] Boston Consulting Group (2024b). *Global Workers, Local Impact: The Power of Talent Funds*. Erreichbar unter: <https://www.bcg.com/publications/2024/power-of-talent-funds>. [08.07.2024]

[BDEW, VKU und Deloitte] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Verband kommunaler Unternehmen und Deloitte (2024). *Kapital für die Energiewende. Die EWF-Option*. Erreichbar unter: <https://www.bdew.de/service/publikationen/kapital-fuer-die-energiewende-die-ewf-option/>. [08.07.2024]

[BDI, BCG und IW] Bundesverband der Deutschen Industrie, Boston Consulting Group & Institut der deutschen Wirtschaft (2023). *Industrie unter Spannung: Deutsche Strompreise im internationalen Vergleich*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/artikel/news/transformationsspfade-industrie-faellt-im-internationalen-wettbewerb-zurueck-strompreise>. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2020). *Genehmigungsverfahren vereinfachen. Rechtssicherheit für Produktionsanlagen schaffen*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/publikation/news/genehmigungsverfahren-vereinfachen>. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2022a). *Genehmigungsverfahren. BDI-Unternehmensbefragung zu Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BIm-SchG)*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/artikel/news/unternehmensbefragung-zu-genehmigungsverfahren>. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2022b). *Nutzungsraten von EU-Freihandelsabkommen*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/publikation/news/bessere-nutzung-von-eu-freihandelsabkommen>. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2023a). *Wachstumspotenziale der industriellen Gesundheitswirtschaft. Szenarien-Analyse und internationaler Vergleich*. Erreichbar unter: https://issuu.com/bdi-berlin/docs/20231128_studie_bdi_wifor_iges_wachstumspotenziale. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2023b). *Schlüsseltechnologiedefinition der deutschen Industrie. Definition für Schlüsseltechnologien sowie Einordnung der Technologiearten und Handlungsbedarfe*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/publikation/news/schlüsseltechnologiedefinition-der-deutschen-industrie>. [08.07.2024]

[BDI] Bundesverband der Deutschen Industrie (2024). *Standort D mit Investitionen stärken*. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/publikation/news/standort-d-mit-investitionen-staerken>. [08.07.2024]

Bertelsmann Stiftung (2023). *Jugendliche ohne Hauptschulabschluss. Demographische Verknappung und qualifikatorische Vergeudung*. Erreichbar unter: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/en/themen/aktuelle-meldungen/2023/maerz/anteil-der-jugendlichen-ohne-schulabschluss-seit-zehn-jahren-auf-hohem-niveau#link-tab-230212-11>. [08.07.2024]

[BMDV] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023). *Potenzialanalyse des eigenwirtschaftlichen Glasfaserausbau in Deutschland*. Erreichbar unter: https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Potenzialanalyse/potenzialanalyse.html#map_deutschland. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024a). *Dekarbonisierung für den industriellen Mittelstand*. Erreichbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/04/20240410-dekarbonisierung-fuer-den-industriellen-mittelstand.html>. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024b). *Eckpunkte der Bundesregierung für eine Carbon Management-Strategie*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkte-der-bundesregierung-fuer-eine-carbon-management-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024c). *Green Paper. Transformation Gas-/Wasserstoff Verteilernetze*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/green-paper-transformation-gas-wasserstoff-verteilernetze.pdf?__blob=publicationFile&v=4. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024d). *Kabinett macht Weg frei für CCS in Deutschland. Habeck: „Entscheidung für CCS ist Richtungsentscheidung für die Industrie in Deutschland.“* Erreichbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-entscheidung-ccs-industrie-deutschland.html>. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024e). *Langfriststrategie Negativemissionen zum Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen (LNe). Eckpunkte*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-negativemissionen.pdf?__blob=publicationFile&v=8. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024f): *Gesundheitswirtschaftliche Gesamtrechnung (GGR), 2023; Berechnungen: WifOR. Daten und Trends zur Gesundheitswirtschaft*. Erreichbar unter: <https://ggrdashboard.bmwk.de/shiny/>. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024g). *Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe. Wissenschaftliches Begleitdokument im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerkte-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.pdf?__blob=publicationFile&v=12. [08.07.2024]

[BMWK] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024h). *Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-klimaschutzvertraege-frl-ksv.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [08.07.2024]

[BMVI] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016). *Bundesverkehrswegeplan 2030*. Erreichbar unter: https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile. [08.07.2024]

[BMDV] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023). *Gigabit-Grundbuch*. Erreichbar unter: <https://gigabit-grundbuch.bund.de/>. [08.07.2024]

[BMDV] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2024). *Breitbandatlas Karte*. Erreichbar unter: <https://gigabit-grundbuch.bund.de/GIGA/DE/Breitbandatlas/Vollbild/start.html>. [08.07.2024]

[BKV] Beteiligungs- und Kunststoffverwertungsgesellschaft mbH (2021). *Fact-finding Studie „Chemistry4Climate“*. Erreichbar unter: <https://www.vci.de/dib-1/anlage-4-fact-finding-ergebnisvorstellung-bkv-ag-2.pdf>. [08.07.2024]

[BNetzA] Bundesnetzagentur (2023). *Marktbeobachtung, Monitoring Elektrizität/Gas*. Erreichbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Monitoringberichte/start.html>. [08.07.2024]

[BNetzA] *Stromdatenbank der Bundesnetzagentur* (2024). *Großhandelspreise*. Erreichbar unter: <https://www.smard.de/page/home/wiki-article/446/562>. [08.07.2024]

[BVMW] Bundesverband mittelständische Wirtschaft – Unternehmerverband Deutschland e.V. (2024). *Der Mittelstand ist Garant für Stabilität und Fortschritt*. Erreichbar unter: <https://www.bvmw.de/de/der-verband/%C3%BCber-uns/zahlen-fakten>. [08.07.2024]

[Destatis] Statistisches Bundesamt (2021). *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen*. Erreichbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/inlandsprodukt-gesamtwirtschaft.html>. [08.07.2024]

[Destatis] Statistisches Bundesamt (2023a). *Zahl der Woche. Exporte von Plastikmüll in den letzten zehn Jahren um 51 % zurückgegangen*. Erreichbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2023/PD23_23_p002.html. [08.07.2024]

[Destatis] Statistisches Bundesamt (2023b). *Internationale Bildungsindikatoren im Ländervergleich*. Erreichbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsstand/Publikationen/Downloads-Bildungsstand/bildungsindikatoren-1023017237004.html>. [08.07.2024]

[Destatis] Statistisches Bundesamt (2024). *Auslandsumsatz im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland von 2000 bis 2023*. Erreichbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/75965/umfrage/auslandsumsatz-im-bergbau-verarbeitenden-gewerbe-seit-2000/>. [08.07.2024]

Deutscher Bundestag (2021). *Situation der Infrastrukturplanung in Deutschland*. Drucksache 19/27459. Erreichbar unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/274/1927459.pdf>. [08.07.2024]

Deutscher Bundestag (2022). *Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz*. Drucksache 20/5145. Erreichbar unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/051/2005145.pdf>. [08.07.2024]

[DIHK] Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2020). *Brennstoffemissionshandelsgesetz. DIHK-Merkblatt zum BEHG*. Erreichbar unter: <https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/4725138/8304cc5f7b39aff0de6444c90e5f8cf7/dihk-merkblatt-behg-stand-maerz-2020-data.pdf>. [08.07.2024]

[DIHK] Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2024). *Betriebe verzeichnen hohe Zahlen an Stromunterbrechungen*. Erreichbar unter: <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaftspolitik/energie/betriebe-verzeichnen-hohe-zahl-an-stromunterbrechungen-116894>. [08.07.2024]

[EEX] European Energy Exchange (2024). *EEX-Erdgasreferenzpreise*. Erreichbar unter: <https://www.eex.com/de/maerkte/erdgas/eex-erdgasreferenzpreise>. [08.07.2024]

[EU-Kommission] Europäische Kommission (2024a). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards an Ambitious Industrial Carbon Management for the EU*. Erreichbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2024:62:-FIN>. [08.07.2024]

[EU-Kommission] Europäische Kommission (2024b). *Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism*. Erreichbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj>. [08.07.2024]

[Fachagentur Windenergie] Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2023). *Typische Verfahrenslaufzeiten von Windenergieprojekten*. Erreichbar unter: https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Analysen/FA_Wind_Analyse_typischer_Verfahrenslaufzeiten_06-2023.pdf. [09.07.2024]

GlobalData (2024). *Global Light Vehicle Powertrain Forecast - Quarter 1, 2024*. Erreichbar unter: <https://www.globaldata.com/industries-we-cover/automotive/global-light-vehicle-sales-forecast/>. [08.07.2024]

[Guidehouse] Guidehouse Germany GmbH (2024). *Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe. Wissenschaftliches Begleitdokument im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/J-L/20240522-leitmaerkte-klimafreundliche-grundstoffe-begleitdokument.pdf?__blob=publication-File&v=4. [08.07.2024]

Günther, C., et al. (2024). *Carbon prices on the rise? Shedding light on the emerging EU ETS2*. Erreichbar unter: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4808605. [08.07.2024]

[Handelsblatt] Olk, J. & Wermke, I. (2024). *Sieben Milliarden Euro für grünen Stahl – und das ist erst der Anfang*. Erreichbar unter: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/dekarbonisierung-sieben-milliarden-euro-fuer-gruenen-stahl-und-das-ist-erst-der-anfang/100009407.html>. [08.07.2024]

[IEA] International Energy Agency (2023a). *Hydrogen Production and Infrastructure Projects Database*. Erreichbar unter: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>. [08.07.2024]

- [IEA] International Energy Agency (2023b). *World Energy Outlook 2023*. Erreichbar unter: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. [08.07.2024]
- [IEA] International Energy Agency (2024). *Global EV Outlook 2024. Moving towards increased affordability*. Erreichbar unter: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>. [08.07.2024]
- [IfM Bonn] Institut für Mittelstandsforschung (2023). *Analyse zur Bürokratiebelastung in Deutschland – Wie kann ein spürbarer Bürokratieabbau erreicht werden?* Erreichbar unter: https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/externe_veroeffentlichungen/dokumente/IfM_Bonn_INSM_B%C3%BCrokratie_2023.pdf. [08.07.2024]
- [IW] Institut der deutschen Wirtschaft (2021). *Der ökonomische und ökologische Impact beschleunigter Planungs- und Genehmigungsverfahren in Deutschland. Gutachten für den Verband der Chemischen Industrie e. V.* Erreichbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/thilo-schaefer-der-oekonomische-und-oekologische-impact-beschleunigter-planungs-und-genehmigungsverfahren-in-deutschland.html>. [08.07.2024]
- [IW] Institut der deutschen Wirtschaft (2023a). *Digitaler Produktpass – Enabler der Circular Economy*. Erreichbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/adriana-neligan-barbara-engels-thorsten-kroke-digitaler-produktpass-enabler-der-circular-economy.html>. [08.07.2024]
- [IW] Institut der deutschen Wirtschaft (2023b). *Verwaltungsdigitalisierung in Deutschland. Der Stand zum Zielzeitpunkt des Onlinezugangsgesetzes Anfang 2023*. Erreichbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/klaus-heiner-roehl-der-stand-zum-zielzeitpunkt-des-onlinezugangsgesetzes-anfang-2023.html>. [08.07.2024]
- [IW] Institut der deutschen Wirtschaft (2024). *Standortfaktor Körperschaftsteuer. Szenarien für mehr private Investitionen*. Erreichbar unter: <https://www.familienunternehmen.de/de/publikationen/standortfaktor-koerperschaftsteuer>. [08.07.2024]
- [IW Consult] IW Consult (2022). *Erklärung und Messung von Strukturwandel in der M+E-Industrie*. Erreichbar unter: https://www.gesamtmetall.de/app/uploads/2023/05/Gesamtmetall-Bericht_ME_Strukturwandel_2022.pdf. [08.07.2024]
- [IWH] Institut für Wirtschaftsforschung Halle (2004). *IWH-Pressemitteilung 27/2004. Transferleistungen für die neuen Länder – eine Begriffsbestimmung*. Erreichbar unter: https://www.iwh-halle.de/fileadmin/user_upload/press/press_releases/27-04.pdf. [08.07.2024]
- [IWR] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien. *Solarmarkt Deutschland bricht 2013 ein*. Erreichbar unter: <https://www.iwr.de/news/solarmarkt-deutschland-bricht-2013-ein-news25364>. [08.07.2024]
- Kallanish Commodities (2024). *E3 Demolition Scrap / Germany Ex-Works EUR/T*. Erreichbar unter: <https://www.kallanish.com/en/prices/details/scrap-germany/>. [08.07.2024]
- [KfW] Kreditanstalt für Wiederaufbau (2017). *70 Jahre Marshallplan Startkapital für die KfW*. Erreichbar unter: https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_421824.html#:~:text=2017%20j%C3%A4hr%20sich%20die%20Ank%C3%BCndigung,den%20Mitteln%20des%20Marshallplans%20hervorging. [08.07.2024]
- [KfW] Kreditanstalt für Wiederaufbau (2024). *KfW-Kommunalpanel 2024*. Erreichbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2024.pdf>. [08.07.2024]
- [OECD] Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2019). *Digital Government Index 2019*. Erreichbar unter: <https://www.oecd.org/gov/digital-government-index-4de9f5bb-en.htm>. [08.07.2024]
- [OEC World] Observatory of Economic Complexity (2022). *Export Daten*. Erreichbar unter: <https://oec.world/en>. [08.07.2024]
- [PIK] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2023). *E-Fuels - Aktueller Stand und Projektionen*. Erreichbar unter: https://www.pik-potsdam.de/members/Ueckerdt/E-Fuels_Stand-und-Projektionen_PIK-Potsdam.pdf. [08.07.2024]
- Neon Neue Energieökonomik (2024). *Mehrwert dezentraler Flexibilität. Oder: Was kostet die verschleppte Flexibilisierung von Wärmepumpen, Elektroautos und Heimspeichern?* Erreichbar unter <https://neon.energy/Neon-Mehrwert-Flex.pdf>.

- [EY] Ernst & Young (2022). *Genehmigungsverfahren zum Rohstoffabbau in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK*. Erreichbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/ey-gutachten-genehmigungsverfahren-zum-rohstoffabbau-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=12. [08.07.2024]
- [S&P] S&P Global (2024). *S&P Global Mobility LV Powertrain FC 5/2024*. Erreichbar unter: <https://www.spglobal.com/mobility/en/info/0521/light-vehicle-powertrain-forecast.html> [08.07.2024]
- [SVR] Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2024). *Frühjahrgutachten - Mai 2024*. Erreichbar unter: https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/fg2024/FG2024_Gesamtausgabe.pdf. [08.07.2024]
- [UN] United Nations (2022). *Online Services Index*. Erreichbar unter: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/Overview/-E-Government-Development-Index>. [08.07.2024]
- [VCI] Verband der Chemischen Industrie (2023). *Chemiewirtschaft in Zahlen*. Erreichbar unter: <https://www.vci.de/die-branche/zahlen-berichte/chemiewirtschaft-in-zahlen-online.jsp>. [08.07.2024]
- [VDMA] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (2024). *Maschinenbau in Zahl & Bild. Besonders wertvoll: Fach- und Arbeitskräfte im Fokus*. Erreichbar unter: <https://www.vdma.org/maschinenbau-zahl-bild>. [08.07.2024]
- [VDZ] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2024). *Anforderungen an eine CO₂-Infrastruktur in Deutschland – Voraussetzungen für Klimaneutralität in den Sektoren Zement, Kalk und Abfallverbrennung*. Erreichbar unter: <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/klimaschutz/co2-infrastruktur>. [08.07.2024]
- [vfa] Verband Forschender Arzneimittelhersteller e.V. (2021). *Die forschungsintensivste Branche Deutschlands? Pharma!* Erreichbar unter: <https://www.vfa.de/de/wirtschaft-politik/wirtschaft/pharma-forschungsintensivste-branche-deutschlands>. [08.07.2024]
- [wbcSD und BCG] World Business Council for Sustainable Development und Boston Consulting Group (2023). *The EU Digital Product Passport shapes the future of value chains: What it is and how to prepare now*. Erreichbar unter: <https://www.wbcSD.org/resources/the-eu-digital-product-passport/>. [08.07.2024]
- [WEF] World Economic Forum (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Erreichbar unter: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf. [08.07.2024]
- World Bank Group (2020). *SAIDI Index WB*. Erreichbar unter: <https://databank.worldbank.org/SAIDI-Index-WB/id/dd1d6036>. [08.07.2024]
- World Bank Group (2024). *State and Trends of Carbon Pricing Dashboard*. Erreichbar unter: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/coverage>. [08.07.2024]
- [WIPO] World Intellectual Property Organization (2023). *Global Innovation Index*. Erreichbar unter: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/. [08.07.2024]
- [WV Metalle] Wirtschaftsvereinigung Metalle (2021). *20.21 Der Geschäftsbericht der Nichteisen-Metallindustrie*. Erreichbar unter: <https://www.wvmetalle-geschaeftsbericht.de/20-21/situation-der-teilbranchen>. [08.07.2024]
- [WV Stahl] Wirtschaftsvereinigung Stahl (2024). *Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2023 | 2024*. Erreichbar unter: https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/Statistisches-Jahresbuch-23-24_Web.pdf. [08.07.2024]
- [Xodus] Xodus Group (2022). *Final Report – Public Version. Dutch Ministry of Economic Affairs and Climate Policy*. Erreichbar unter: https://www.staten-generaal.nl/9370000/1/j4nvgs5kkg27kof_j9vkvfj6b325az/vlutrvd2g2y4. [08.07.2024]
- [ZVEI] Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2024a). *Elektro- und Digitalindustrie in Zahlen*. Erreichbar unter: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2024/Juni/Elektro_und_Digitalindustrie_in_Zahlen_2024/ZVEI-Elektro-und-Digitalindustrie-in-Zahlen-Juni-2024.pdf. [08.07.2024]
- [ZVEI] Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2024b). *ZVEI-Konjunkturbarometer– Ausgabe Februar 2024*. Erreichbar unter: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2024/Februar/ZVEI-Konjunkturbarometer_Februar_2024/ZVEI-Konjunkturbarometer-Februar-2024.pdf. [08.07.2024]

Über die Autoren

Dr. Jens Burchardt ist Managing Director & Partner bei BCG in Berlin. Er ist Mitbegründer des BCG Center for Climate & Sustainability und Co-Autor der ersten und zweiten Klimapfade-Studie. Sie erreichen ihn unter Burchardt.Jens@bcg.com.

Dr. Patrick Herhold ist Managing Director & Senior Partner bei BCG in München. Er ist Mitbegründer des BCG Center for Climate & Sustainability und Co-Autor der ersten und zweiten Klimapfade-Studie. Sie erreichen ihn unter Herhold.Patrick@bcg.com.

Dr. Elisabeth Richenhagen ist Principal bei BCG in Hamburg. Sie ist Kernmitglied der globalen Praxisgruppen Climate & Sustainability und Industrial Goods und Co-Autorin der zweiten Klimapfade-Studie. Sie erreichen sie unter Richenhagen.Elisabeth@bcg.com.

Dr. Thilo Schaefer ist Leiter des Clusters Digitalisierung und Klimawandel beim Institut der deutschen Wirtschaft in Köln. Sie erreichen ihn unter Thilo.Schaefer@iwkoeln.de.

Dr. Henry Goecke ist Geschäftsführer der IW Consult in Köln und Experte für Big Data Analytics. Sie erreichen ihn unter Goecke@iwkoeln.de.

Koautoren:

Rebecca Borchard (BCG)

Luisa Buche (BCG)

Rasmus Groß (BCG)

Christian König (BCG)

Leander Müller (BCG)

David Scheer (BCG)

Cornelius Bähr (IW)

Dr. Tillman Hönig (IW)

Malte Küper (IW)

Dr. Thorsten Lang (IW)

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt dem Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI) und seinen Mitgliedsverbänden sowie dem Einsatz der über 100 Beteiligten und Experten aus Unternehmen und Verbänden für ihre umfangreichen konstruktiven Beiträge und ihre Unterstützung bei der Validierung der Analysen – als Mitglieder des Steuerungskreises und Stakeholderkreises sowie als Diskussionsteilnehmer in zahlreichen Arbeitsworkshops und bilateralen Expertengesprächen im Studienverlauf.

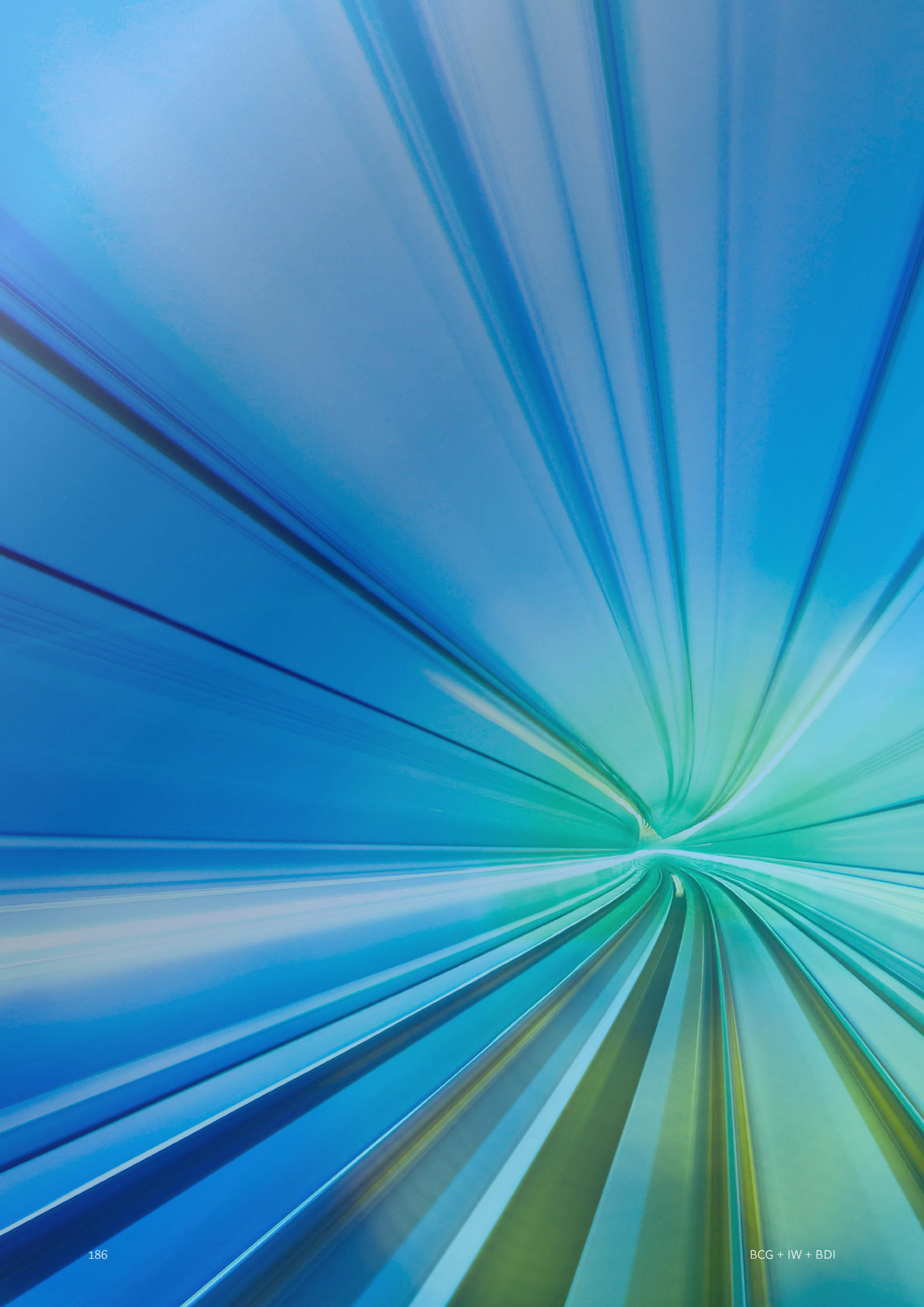
Insbesondere bedanken wir uns beim Team des BDI, mit dem wir die Studie in enger Zusammenarbeit geschrieben haben: Holger Lösch, Dr. Carsten Rolle, Dr. Eike Blume-Werry, Maximilian Fricke, Dr. Eberhard von Rottenburg, Dr. Klaus Deutsch, Dr. Thomas Holtmann, Uta Pfeiffer, Dr. Joachim Hein, Cara Bien, Petra Richter und Wilko Specht.

Stellvertretend für die vielen Experten aus BDI-Mitgliedsverbänden und Unternehmen sei den Mitgliedern des Steuerungskreises gedankt, der die folgenden Personen umfasste (in alphabetischer Reihenfolge): Mark Becker-von Bredow, Matthias Belitz, Thomas Dederichs, Loïc Geipel, Jörn Higgen, Jessica Klassen, Prof. Dr. Christian Küchen, Manuel Mohr, Nima Nader, Dr. Alexander Nolden, Philip Nuyken, Annkathrin Paulus, Sandra Reus, Jan Christoph Schaffrath, Dr. Christian Schimansky, Götz Schneider, Dr. Martin Theuringer, Alexander Zafiriou und Matthias Zelinger.

Wir danken auch den Mitgliedern des wissenschaftlichen Beirats der Studie für ihre methodische Unterstützung sowie viele hilfreiche und konstruktive Kommentare (in alphabetischer Reihenfolge): Prof. Dr. Sabine Fuss, Prof. Dr. Veronika Grimm, Stefan Kapferer, Stefan Körzell, Prof. Dr. Andreas Löschel, Prof. Dr. Kai Niebert, Prof. Dr. Karen Pittel und Prof. Dr. Jens Südekum.

Zudem bedanken wir uns beim Expertenkreis der Boston Consulting Group mit Martin Feth, Martin Jakob, Dr. Marc Morawietz, Joonas Päiväranta, Kathrin Pannier, Julia Meisel, Alexander Meyer zum Felde, Stefan Schönberger, Dr. Sebastian Schrapp, Jonas Schröder und Nicole Voigt sowie bei den Experten des Instituts der deutschen Wirtschaft mit Dennis Bakalis, Dr. Vera Demary, Andreas Fischer und Thomas Puls.

Gleichermaßen bedanken wir uns bei Greta Andersen, Daria Gauger, Ulrich Kremer, Susanne Krohm, Julia Oppel, Florian Schambergen, Anna Stanger, Daria Wawrzinek, für die inhaltliche, grafische, editorielle und organisatorische Unterstützung.



Für weitere Informationen oder die Erlaubnis zum Nachdruck wenden Sie sich bitte direkt an BCG (permissions@bcg.com).

© Boston Consulting Group 2024. Alle Rechte vorbehalten.
September 2024



