

4.4 Klimapfade für Deutschland – Klimastudie aus Sicht der deutschen Industrie

Das Pariser Klimaabkommen stellte 2015 eine Zäsur in der internationalen Klimapolitik dar. Das Vorgängerabkommen, bekannt als Kyoto-Protokoll, läuft 2020 aus. Dem Pariser Klimaabkommen traten bisher 197 Staaten bei. In einem bottom-up Prozess reichten die einzelnen Staaten ihre nationalen Reduktionsziele (NDC) ein, wobei die EU-28 aggregierte Ziele für ihre Mitgliedsstaaten einreichte und diese als Gesamtziel verpflichtend sind. Die Ankündigung der Bundesregierung, die deutschen Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren, ist ein ehrgeiziger Beitrag zu den weltweiten Anstrengungen für die Begrenzung des Klimawandels. Die Umsetzung dieser Ziele ist ein langfristiges politisches, wirtschaftliches und gesellschaftliches Großprojekt von enormer Tragweite.

Für die Erreichung der Ziele werden konkrete Realisierungskonzepte gesucht, die Effizienz und kostengünstige, marktorientierte Lösungen in den Vordergrund stellen. Es braucht technologieoffene und marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen, die in Einklang sind mit den europäischen Zielvorgaben und die globale wettbewerbliche Konkurrenz im Blick haben.

Angesichts der von der Bundesregierung für 2018 angekündigten Debatte über den Klimaschutzplan 2050 ist der Bedarf an technologischem Know-how und praktischer Orientierung besonders hoch. Die Studie „Klimapfade für Deutschland“, publiziert vom Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) im Januar 2018, bringt hierfür die fachliche Expertise der Industrie ein. Dabei geht es im Kern um die Frage, welche Treibhausgas-Minderungen die deutsche Industrie und ihre Sektoren unter welchen politischen, technologischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen bis 2030 bzw. 2050 leisten

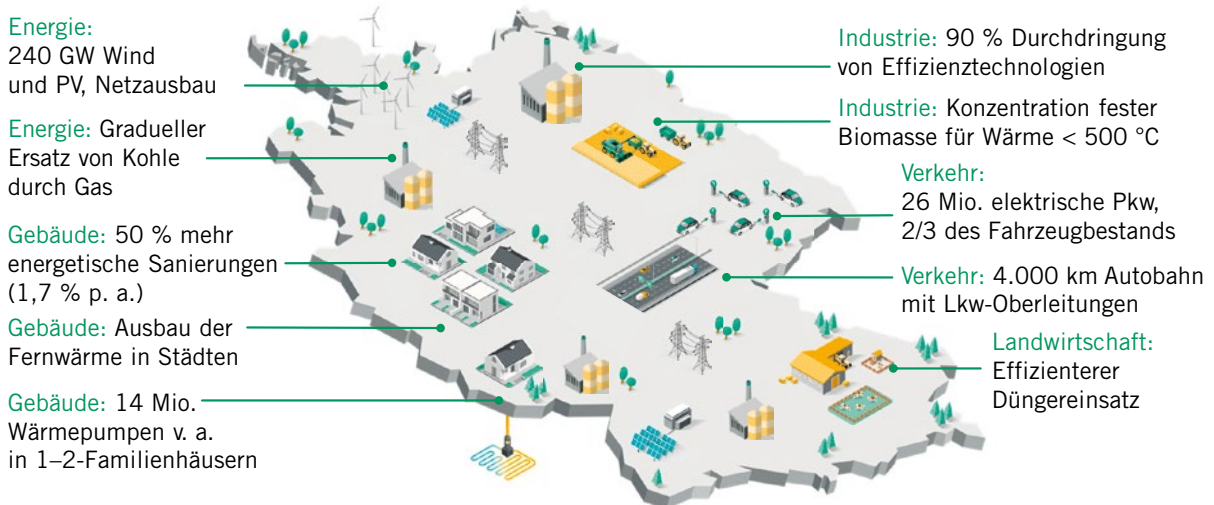
können. Zur Klärung wurden zunächst drei Szenarien betrachtet: ein Referenzszenario sowie die Szenarien „Nationale Alleingänge“ und „Globaler Klimaschutz“.

Annahmen der einzelnen Szenarien

Das Referenzszenario basiert auf nationalen und internationalen klimapolitischen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte. Es handelt sich damit um eine „Welt, wie wir sie kennen“. Eine zentrale Annahme aller 3 Szenarien, welche bereits im Referenzszenario verankert ist, stellt ein umfangreicher und effektiver Carbon-Leakage-Schutz dar. Dieser beschränkt die direkten und indirekten CO₂-bedingten Mehrkosten auf jene, die zusätzlich aus dem EU-ETS resultieren. Weitere Annahmen sind die Fest- und Fortschreibung der heute geltenden Gesetze und Verordnungen. Beispiele sind hier insbesondere die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Erneuerbare-

Abbildung 4.22: 80 %-Pfad für die Klimapfade-Studie

80 %-Pfad kommt mit bestehenden Technologien aus



PV = Photovoltaik; Alle Zahlen beziehen sich auf 2050

Quelle: Prognos; BCG

Abbildung 4.23: Relevante Annahmen für die Klimapfade-Studie**Vollständiger und effektiver Carbon-Leakage-Schutz**

Bei „nationalen Alleingängen“ ist die energie- und emissionsintensive Industrie von direkten oder indirekten CO₂-bedingten Kosten, welche über das Niveau des heutigen EU-ETS hinaus gehen, befreit.

Infrastruktur im Stromnetz

Veränderte Nachfrage- und Angebotsstrukturen führen nicht zu dauerhaften Netzengpässen. Es finden keine netzengpassbedingten Abschaltungen erneuerbarer Energien statt.

Volkswirtschaftliche Vermeidungskosten

Die Erreichung des Klimaziels für 2050 wird für die deutsche Volkswirtschaft sektorübergreifend kosteneffizient modelliert. Alle Maßnahmen sind nach volkswirtschaftlichen Vermeidungskosten priorisiert.

Perfekte politische Regulierung

Die Politik trifft die richtigen Entscheidungen zur richtigen Zeit und optimiert sektorübergreifend.

Flexibilisierung von Verbrauchern

Es wird unterstellt, dass alle neuen Strom- und Energieverbraucher (u.a. Elektroautos, Wärmepumpen, PtX) sich systemdienlich verhalten können und zur Systemstabilität beitragen.

Technologieentwicklung

Die wesentlichen Entwicklungen über zukünftige Technologien und deren Kosten wurden in Experten-Workshops entwickelt sowie mit wissenschaftlichen Erkenntnissen abgeglichen.

Quelle: Prognos; BCG

Energien-Gesetzes (EEG) bis 2050 sowie die Erhöhung des Anteils Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung auf 80 % bis 2050. Neue Gesetze oder Verordnungen werden nicht berücksichtigt. Zudem wird unterstellt, dass es eine perfekte Regulierung gibt, die Politik also die richtigen Entscheidungen zur richtigen Zeit trifft. Dies betrifft beispielsweise den Netzausbau, der intensiviert werden muss, um Netzengpässe abzubauen. Die Studie simuliert das deutsche Stromnetz als Kupferplatte. Zur Netzstabilität tragen über die Nutzung von Flexibilitäten per Annahme alle Stromverbraucher bei.

Der Studie liegen weiterhin CO₂-Preise und Ölpreise zugrunde. Für das Referenzszenario und das Szenario „Nationale Alleingänge“ wurde ein CO₂-Preispfad unterstellt, der langfristig zwischen den Szenarien Current Policies und New Policies des „World Energy Outlook“ (WEO) 2016 der International Energy Agency (IEA) liegt, jedoch kurz- und mittelfristig langsamer ansteigt. Dabei wurde für das Modell angenommen, dass der CO₂-Preis bis zum Jahr 2050 auf 45 Euro pro Tonne steigt. Der Ölpreis wird im Referenzszenario mit 115 US-Dollar pro Barrel in 2050 unterstellt. Der hohe Ölpreis ist insbesondere durch die steigende Nachfrage in wachsenden Volkswirtschaften bedingt. Technologiekosten wurden von Experten-Gruppen abgeschätzt. Der Einsatz von Technologien zur Emissionsreduktion verlaufen entlang einer Merit-Order.

„Nationale Alleingänge“

Im Szenario „Nationale Alleingänge“ werden die Annahmen des Referenzszenarios übernommen. Ambitionierter Klimaschutz wird lediglich in einem Kerneuropa und vereinzelt anderen Ländern verfolgt. Zentral ist in diesem Szenario, dass ein umfassender und effektiver Carbon-Leakage-Schutz unterstellt wird. Aufgrund fehlender internationaler Klimaschutzambitionen ist dies notwendig, da ohne gleiche Grundvoraussetzungen eine weitgehende Abwanderung industrieller Produktion ins Ausland mit oft geringeren Standards angenommen wird.

„Globaler Klimaschutz“

Das Szenario „Globaler Klimaschutz“ unterstellt gleichermaßen ambitionierte Klimaschutzpolitiken aller Länder. Diese orientieren sich an der Erreichung des Zwei-Grad-Ziels, welches im Pariser Klimaabkommen festgeschrieben wurde. Zusätzliche Annahmen sind international vergleichbare CO₂-Preisniveaus und globale oder global koordinierte Klimaschutzinstrumente. Der CO₂-Preis orientiert sich am Szenario 450 ppm des WEO. Dieser steigt auf 55 Euro pro Tonne CO₂ in 2030 und auf 124 Euro in 2050 an. Der Ölpreis hingegen liegt in diesem Szenario aufgrund stagnierender Weltnachfrage bei real 50 US-Dollar pro Barrel.

Abbildung 4.24: Synopse der Szenarien mit ergänzenden Klimapfaden

Referenz
(„Wie groß sind Gaps?“)

Zielszenarien
(„Welche gesellsch. und polit. Rahmenbedingungen nehmen wir an?“)

R Referenzszenario 

Globaler Klimaschutz 

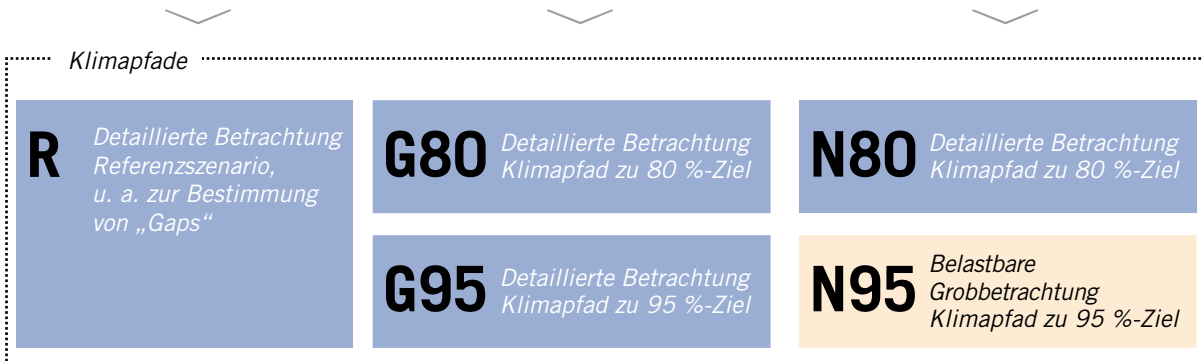
Nationale Alleingänge 

Fortschreibung aktueller und als sicher geltender technischer Maßnahmen (für Deutschland und international)

Ökonomischer und klimapolitischer Hintergrund: Wachstumspfad, eine fundamental verstärkte klimapolitische Zusammenarbeit

Staaten verpflichten sich zu **2 °C-Ziel**
Klimainstrumente werden **international koordiniert**
Wachstum und **offene Märkte**
Investitionen in Klimatechnologien beschleunigen Innovation
Anhaltend **niedrige Preise fossiler Rohstoffe**
Zahlungsbereitschaft für Klimaschutz

Nur einzelne Staaten verfolgen weiter ambitionierte Klimaziele
Es entsteht ein **Nebeneinander nationaler „Sonderwege“**
Trotzdem Wachstum und **offene Märkte**
Rückgang Innovationsgeschwindigkeit
Preise fossiler Brennstoffe steigen an
Fokus liegt auf **Wohlstand**, geringere **Zahlungsbereitschaft** für Klimaschutz



Anmerkung: Detaillierte Strommarktmodellierung nur für R, N80, G95

Quelle: Prognos; BCG

Klimapfade für Deutschland

Den Kern der Studie bilden drei Klimapfade. Ihnen liegen das Referenzszenario und die zwei Zielszenarien („Globaler Klimaschutz“ und „Nationale Alleingänge“) zugrunde, welche die verschiedenen gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen annehmen.

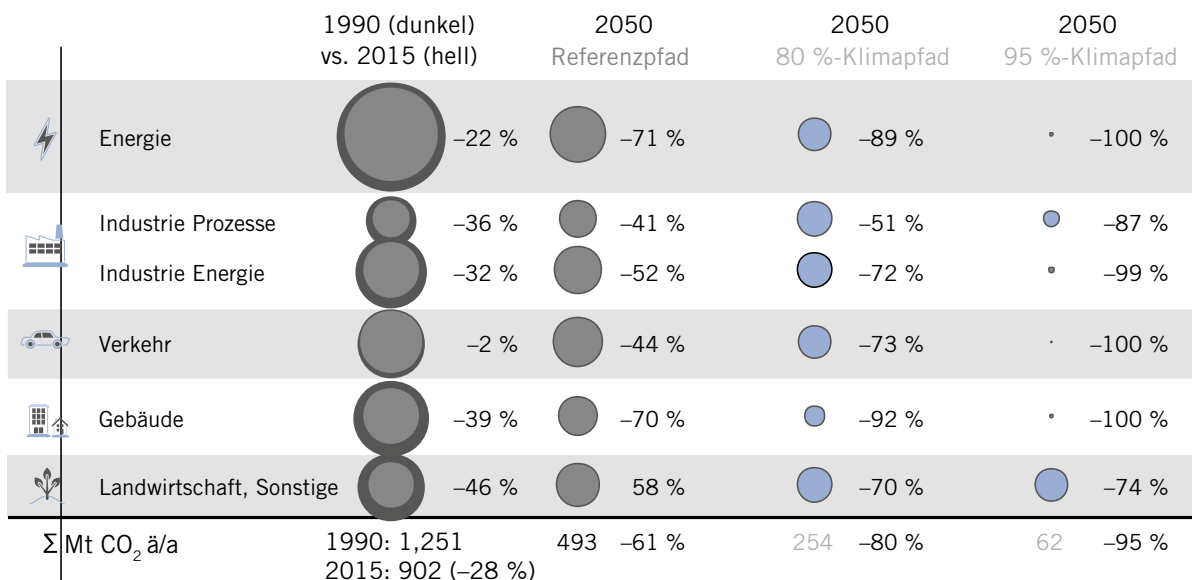
Der Referenzpfad entspricht dem Referenzszenario und führt die bisher beschlossenen Maßnahmen fort und setzt sie effektiv um. Der resultierende Pfad ermöglicht unter anderem die Bestimmung der zu schließenden „Lücke“ zu einem 80 %- bzw. 95 %-Reduktionsziel für 2050 im Vergleich zu 1990. Ihm liegt keine induzierte Emissionsreduktion zugrunde. Diese ergibt sich aus der Modellierung des Referenzpfades. Dem gegenüber sind

den Zielszenarien „Nationale Alleingänge“ (N) und „Globaler Klimaschutz“ (G) jeweils die Reduktionsziele von 80 % bzw. 95 % zugeordnet. Der Referenzpfad bildet folglich zusammen mit N80, G80 sowie N95 und G95 die Klimapfade für Deutschland. Die Klimapfade 80 % und 95 % werden durch die Auswahl verschiedener technischer Maßnahmen volkswirtschaftlich realistisch und kosteneffizient erreicht. Die notwendigen Technologien sind heute bereits vorhanden bzw. deren Marktreife ist auf Basis von Expertendiskussionen im betrachteten Zeitraum darstellbar. Die Auswahl erfolgt dabei konkret wie folgt:

1. Es werden nur technische Maßnahmen eingesetzt, die bereits heute eine ausreichende technische Reife aufweisen und deren Lernkurven und Kostenentwicklungen

Abbildung 4.25: Übersicht zu Sektorentwicklungen im 80 %- und 95 %-Klimapfad

95 % Pfad setzt Nullemissionen in fast allen Sektoren voraus



Quelle: Prognos; BCG

gen damit nach heutigem Kenntnisstand abschätzbar sind.

- Die Maßnahmen werden mit volkswirtschaftlichen CO₂-Vermeidungskosten bewertet und sektorübergreifend priorisiert. Kein Sektor bekommt ex ante vorgeschrieben wie viel er zu leisten hat.
- Es werden explizit praktische Restriktionen sowie gesellschaftliche und politische Akzeptanzbeschränkungen berücksichtigt – z. B. geringe gesellschaftliche Akzeptanz für Fleischverzicht, andere Suffizienzmaßnahmen oder Carbon-Capture-and-Storage (CCS).
- Der Weg wird auf Zielerreichung in 2050 ausgerichtet; Zwischenziele für 2030, wie im Klimaschutzplan 2050 vorgeschrieben, werden explizit nicht definiert.
- Bestehende politische Rahmenbedingungen, die eine potenzielle Limitation für die Umsetzung technologischer Maßnahmen darstellen, werden nicht berücksichtigt.

Die resultierende Merit-Order der technischen Maßnahmen ist volkswirtschaftlich auf das Jahr 2050 optimiert. Die Optimierung berücksichtigt zudem unterschiedliche

Hochlaufzeiten der Technologien und dessen Marktreife. Die beiden Pfade orientieren sich an den völkerrechtlich verbindlich zugesagten Reduktionszielen der EU-28 im Rahmen des Pariser Klimaabkommens und der im Klimaschutzplan 2050 angestrebten Reduktionsziele.

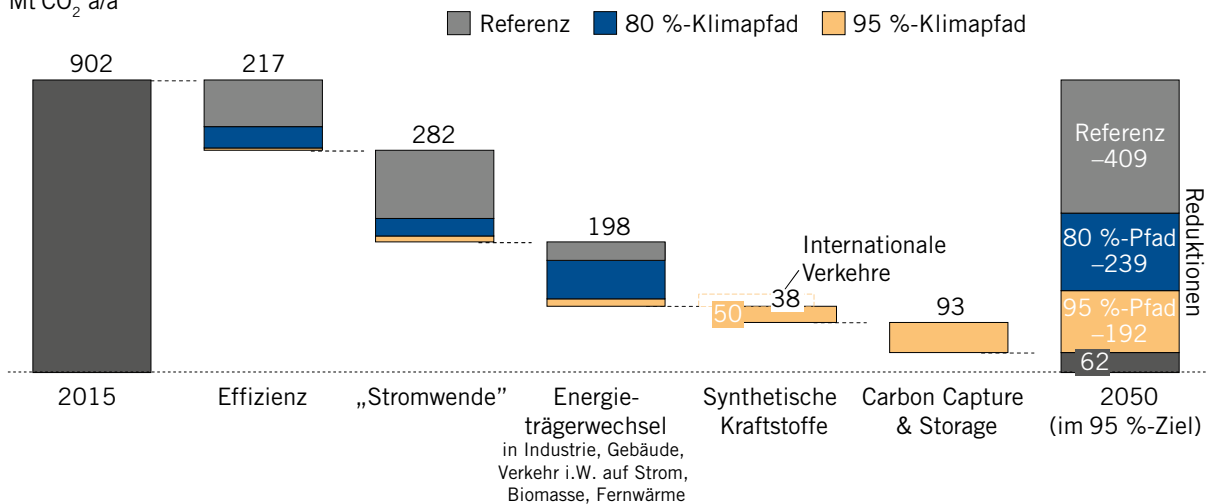
Kernergebnisse der Studie

Mit einer Fortsetzung derzeitiger Anstrengungen in Form bestehender Maßnahmen, beschlossener politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen sowie absehbarer Technologieentwicklungen werden im Referenzpfad bis 2050 ca. 61 % Treibhausgas (THG)-Reduktion gegenüber 1990 erreicht. Es verbleibt damit eine Lücke von 19 bis 34 Prozentpunkten zu den Klimazielen der Bundesregierung.

80 % THG-Reduktion sind technisch möglich und in beiden Klimapfaden (N80 und G80) volkswirtschaftlich verkraftbar. Die Umsetzung würde allerdings eine deutliche Verstärkung bestehender Anstrengungen, politische Umsteuerungen und ohne vergleichbare Klimaschutzinstrumente in anderen Staaten einen wirksamen Carbon-Leakage-Schutz erfordern. Die Erreichung des 80 %-Pfa-

Abbildung 4.26: Technologiekombination zur Erreichung der Klimaziele

THG-Einsparungen nach Hebeln

Mt CO₂ ä/a

Quelle: Prognos; BCG

des ist gleichbedeutend mit einer Halbierung der Restemissionen aus dem Referenzpfad.

➔ Kosteneffiziente Klimapfade bedeuten Mehrinvestitionen von bis zu 2,3 Billionen Euro bis 2050.

Die 95 % THG-Reduktion ist an der Grenze absehbarer technischer Machbarkeit und heutiger gesellschaftlicher Akzeptanz. Hierfür müssten die Restemissionen des 80 %-Pfades noch einmal um 75 % gesenkt werden. Eine solche Reduktion erfordert praktisch Nullemissionen für weite Teile der deutschen Volkswirtschaft. Dies würde neben einem weitgehenden Verzicht auf alle fossilen Brennstoffe unter anderem den Import erneuerbarer Kraftstoffe (Power-to-Liquid/-Gas), den selektiven Einsatz aktuell unpopulärer Technologien wie Carbon-Capture-and-Storage (CCS) und weniger Emissionen im Tierbestand bedeuten. Eine erfolgreiche Umsetzung ist nur bei ähnlich hohen Ambitionen in den meisten anderen Ländern vorstellbar, was dem G95-Klimapfad entspricht.

Die kosteneffiziente Erreichung der Klimapfade würde aus heutiger Sicht in Summe Mehrinvestitionen von 1,5 bis 2,3 Billionen Euro bis 2050 gegenüber einem Szenario ohne verstärkten Klimaschutz erfordern. Die Fortschreibung bereits bestehender Anstrengungen im Referenzpfad kostet ca. 530 Milliarden Euro. Dies entspricht bis 2050 durchschnittlichen jährlichen Mehrinvestitionen in Höhe von ca. 1,2 bis 1,8 % des deutschen Bruttoinlandsprodukts (BIP). Die direkten volkswirtschaftlichen Mehrkosten der Klimapfade nach Abzug von Energieeinsparungen lägen bei etwa 470 bis 960 Milliarden Euro bis 2050, davon ca. 240 Milliarden Euro für bestehende Anstrengungen. Das entspricht durchschnittlichen jährlichen Mehrkosten von 15 bis 30 Mrd. Euro, wobei diese im Zeitverlauf ansteigen. Die Mehrkosten können so auf bis zu 75 Mrd. Euro pro Jahr anwachsen.

➔ Eine volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahme lohnt sich für Entscheider betriebswirtschaftlich nicht zwangswise.

➔ Eine volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahme lohnt sich für Entscheider betriebswirtschaftlich nicht zwangswise.

Eine solche volkswirtschaftlich kosteneffiziente Erreichung der Klimapfade bedeutet allerdings nicht, dass sich die technischen Maßnahmen aus betriebswirtschaftlicher Sicht für jeden Entscheider rechnen. Gemäß der detaillierten Berechnungen der Studie amortisieren sich 80 % der technischen Maßnahmen aus betriebswirtschaftlicher Sicht aktuell nicht. Eine Verbesserung der Rahmenbedingungen kann die Schließung der Rentabilitätslücke unterstützen.

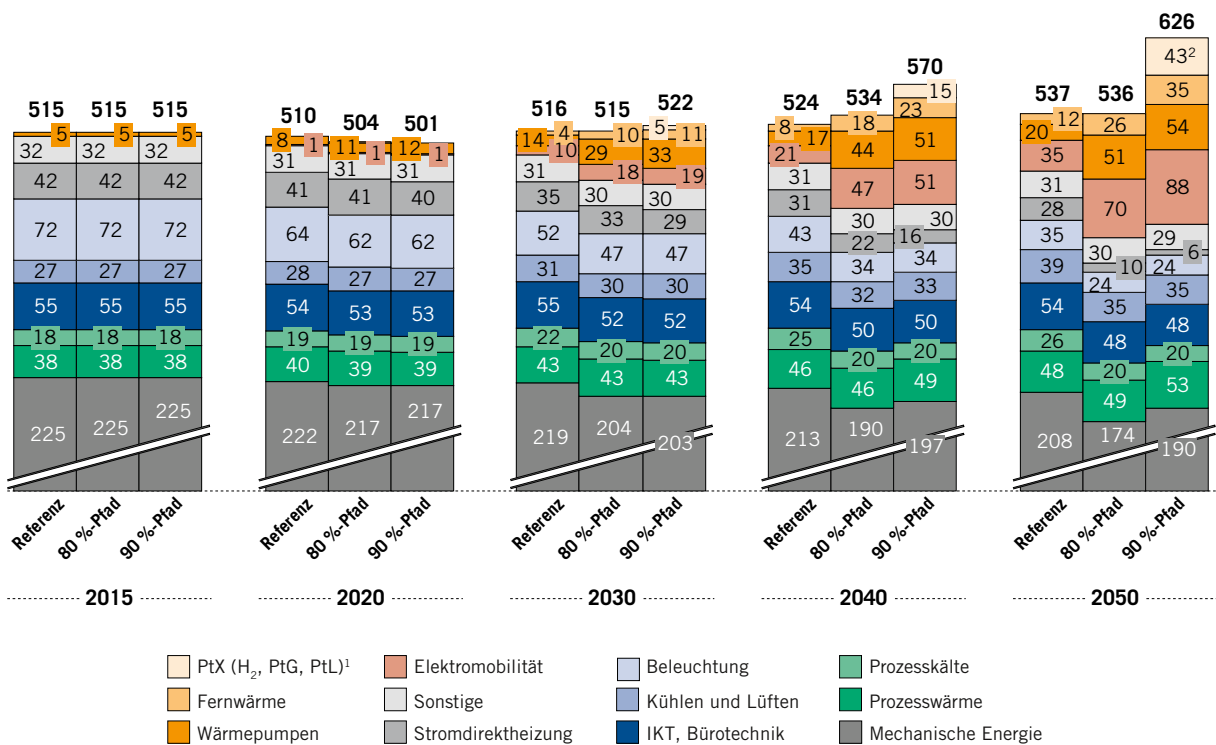
Erfolgreiche Klimaschutzbemühungen wären mit einer umfangreichen Erneuerung aller Sektoren der deutschen Volkswirtschaft verbunden. Das gilt nicht nur für Deutschland, auch auf den internationalen Märkten steigt das Potenzial von Klimatechnologien stetig an. Deutschen Exporteuren können sich weitere Chancen in wachsenden „Klimaschutzmärkten“ eröffnen, sofern andere Staaten einen ähnlich ambitionierten Klimaschutz verfolgen. Studien erwarten, dass das Weltmarktvolumen der wichtigsten Klimatechnologien bis 2030 auf 1 bis 2 Billionen Euro pro Jahr wachsen wird. Deutsche Unternehmen können für diesen globalen Wachstumsmarkt ihre Technologieposition stärken.

➔ **Ohne Vollelektrifizierung ist die Deckung des Strombedarfs durch Sektorkopplung möglich.**

Im Vergleich zu anderen Studien zeigt die BDI-Studie, dass infolge der verstärkten Sektorkopplung die Elektrifizierung nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Stromnachfrage führen muss. Während beispielsweise Studien von acatech (2017) zur Sektorkopplung oder der dena (2018) zur integrierten Energiewende Strombedarfe prognostizieren, welche die deutsche Potenzialgrenze der Stromerzeugung von ca. 1.000 TWh p.a. erreichen bzw. sogar übersteigen.

Die Stromnachfrage bleibt im 80 %-Pfad auf dem Niveau des Basisjahres 2015. Gründe dafür sind u.a. die Hebung vorhandener Effizienzpotentiale in allen Sektoren sowie die Verlagerung der national verfügbaren Biomasse in die industrielle Wärmeerzeugung (< 500 °C). Biomasse kann in der industriellen Wärmeerzeugung wesentlich (kosten-)effizienter eingesetzt werden, als beispielsweise Stromheizer, Induktionsöfen oder Power-to-Gas.

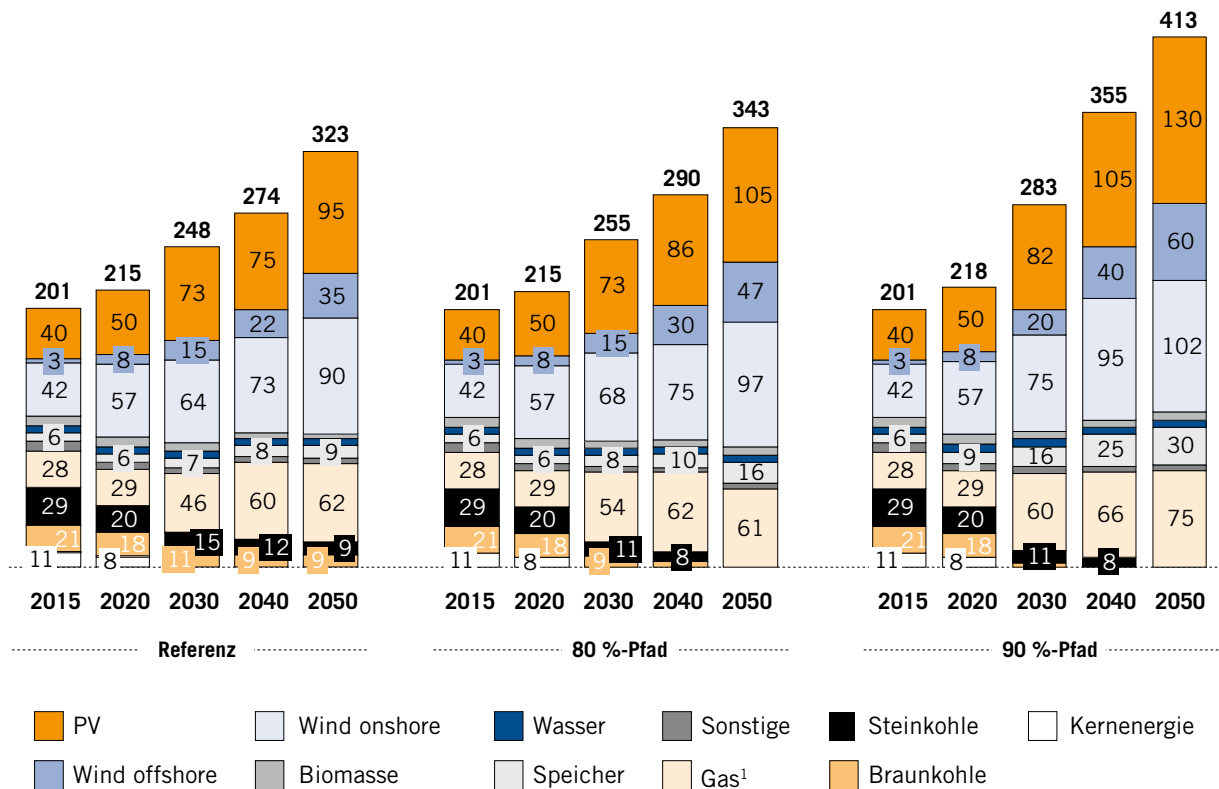
Abbildung 4.27: Nettostromverbrauch¹ nach Anwendungen (Endenergieverbrauch) (TWh)



1. Nettostromverbrauch = Nettostromerzeugung – Abgeregelte Strommengen – Exportsaldo – Speicherbedarf – Netzverluste – Inländische PtG-Produktion
 2. Ohne den Stromverbrauch für die inländische Power-to-Gas-Produktion für Stromerzeugung (22 TWh für 13 TWh PtG), der nicht Teil des Nettostromverbrauchs ist

Quelle: Prognos; BCG

Abbildung 4.28: Installierte elektrische Nettoleistung nach Erzeugungsarten (GW)



Die Jahre 2015–20 enthalten neben am Strommarkt teilnehmenden Gaskraftwerken auch Reservekraftwerke und konservierte (vorläufig stillgelegte) Kraftwerke

Quelle: Prognos; BCG

Im 95 %-Pfad kommt es hingegen zu einer deutlichen Steigerung der Stromerzeugung (715 TWh p.a.) und Stromnachfrage (626 TWh p.a.). Die Effizienzpotentiale sind bereits im 80 %-Pfad weitgehend ausgeschöpft. Die Kompensation der zusätzlichen Stromnachfrage neuer Verbraucher kann folglich nur noch in geringem Maße von weiteren Effizienzsteigerungen abgedeckt werden. Der zusätzliche Bedarf durch 7 Mio. Elektroautos, die kostenintensive PtX-Herstellung sowie der Einsatz von CCS steigern den Strombedarf um rund 100 TWh p.a.

Bei der Betrachtung des Stromverbrauches fällt auf, dass traditionelle neuen Stromverbrauchern weichen. Hier lassen sich Rückgänge bei der mechanischen Energie und der Beleuchtung feststellen. Verbrauchszuwächse sind bei Wärmeerzeugung in Haushalten (Wärmepumpen) und bei der Elektromobilität zu verzeichnen. Der Zuwachs bei den notwendigen 14–16 Mio. Wärmepumpen in 2050 entspricht mit 51–54 TWh p.a. gut 10 % unseres heutigen Strombedarfs.

➔ Beim Ausbau der Erneuerbaren Energien gelangt Deutschland an seine Kapazitätsgrenzen.

Zur Sicherstellung der Stromversorgung wird die installierte Leistung erneuerbarer Energien bis 2050 verdreifacht werden müssen. Das entspricht 102 GW Offshore Wind, 43–60 GW Onshore Wind und 102–130 GW Photovoltaik. Zum Vergleich, 2015 betrug die installierte Leistung der drei Technologien 3,5 GW Offshore Wind, 42 GW Onshore Wind und 40 GW Photovoltaik. Im Jahr 2050 findet zudem keine Stromproduktion durch Kohlekraftwerke statt. Bereits 2040 ist die installierte Leistung von Kohlekraftwerken auf 8 GW Steinkohle geschrumpft. Der zeitnahe Rückgang der Kohleverstromung ist u. a. auf die altersbedingte Abschaltung von Braun- und Steinkohlekraftwerken in den 2020ern zurückzuführen. Zusammen mit dem Auslaufen der Stromerzeugung durch Kernenergie entsteht in den 2020ern eine Kapazitätslücke gesi-

cherter Leistung. Diese wird durch den Zubau von Gaskraftwerken geschlossen werden.

Die Verdreifachung der volatilen Erzeugung auf Sonne und Wind führt zusammen mit dem zeitgleichen Abschmelzen der steuerbaren Stromerzeugung nur zu leicht steigenden Stromsystemkosten in 2050. Diese liegen je nach Pfad um 0,8 ct/kWh bis 1,1 ct/kWh höher als 2015. Während sich die Flexibilisierung der Stromnachfrage durch entsprechende Systeme etabliert hat, kommt es in der Zwischenzeit zu deutlicheren Preisanstiegen. 2030 liegen die Stromsystemkosten pro kWh um 2,7 ct bzw. 3,5 ct höher als 2015.

Klimapfade sind kein Selbstläufer

Eine volkswirtschaftlich kosteneffiziente Gestaltung der Klimapfade setzt die richtigen politischen Entscheidungen zur richtigen Zeit voraus. Im Verkehrssektor ist die Technologieentscheidung noch nicht getroffen. Die Kosten der verschiedenen Technologien liegen nah beieinander. Neben der Elektromobilität sind Hybrid- oder Wasserstofffahrzeuge mögliche Alternativen. Die Analysen haben für die Klimapfade LKW-Oberleitungen auf den am meisten befahrenen 4.000 bzw. 8.000 Autobahnkilometern als für 2017 kosteneffizienteste technische Maßnahme identifiziert (bezieht sich auf das Jahr der Studieneinstellung). Aufgrund des minimalen Unterschiedes zu anderen Technologien empfiehlt es sich, Infrastruktur-entscheidungen erst Mitte der 2020er zu treffen. Zu diesem Zeitpunkt kann die kosteneffizienteste Lösung bereits anders aussehen. Im Verkehrssektor gibt es damit längere Lernkurven, sodass es erst in späteren Jahren zu messbaren Emissionsminderungen kommen wird.

→ Die energetische Gebäudesanierung spielt eine zentrale Rolle.

Anders sieht es im Gebäudebereich aus, in dem die energetische Gebäudesanierung eine zentrale Rolle spielt. Der Gebäudesektor ist zwei zentralen Restriktionen unterworfen: Zum einen handelt es sich bei Gebäudeinvestitionen um langlebige Investitionen. Im Gegensatz zum Kauf eines Autos findet eine energetische Gebäudesanierung deutlich seltener statt. Zum zweiten ist der Emissionsreduktionspfad im Gebäudesektor linear. Er wird vor allem durch Handwerkerkapazitäten determiniert. Versäumnisse heute können in späteren Jahren nicht wieder aufgeholt werden. Daher besteht hier sofortiger Handlungsbedarf, um die Sanierungsquote um mindestens 50 % im Vergleich zu 2015 zu steigern. Andernfalls kann die Lücke zu den politischen Zielen nicht geschlossen werden.

tiger Handlungsbedarf, um die Sanierungsquote um mindestens 50 % im Vergleich zu 2015 zu steigern. Andernfalls kann die Lücke zu den politischen Zielen nicht geschlossen werden.

Bei den aufgeführten Investitionen handelt es sich um volkswirtschaftliche Mehrinvestitionen. Einmal getätigt können diese auch zu Einsparungen führen, sodass die tatsächlichen volkswirtschaftlichen Mehrkosten unterhalb der Mehrinvestitionen liegen. In der Studie werden, wie bereits beschrieben, Brennstoffpreise angenommen. Die Mehrkosten hängen in hohem Maße von dieser Annahme ab. Bleibt der Ölpreis auf dem Niveau von 2015 (ca. 50USD pro Barrel) bestehen, führt das zu einem Anstieg der volkswirtschaftlichen Mehrkosten auf 820 Mrd. € im 80 %-Pfad (470 Mrd. € bei 115 USD pro Barrel) bzw. auf 1.420 Mrd. € im 95 %-Pfad (960 Mrd. € bei 115 USD pro Barrel). Ein globaler Klimaschutz wirkt sich im Gegensatz zu nationalen Alleingängen immer mehrkostensenkend aus, auch bei niedrigen Brennstoffpreisen.

Eine zentrale Botschaft der Studie ist daher, international Klimapolitik zu fördern. Deutschland kann mit seiner Reputation zusammen mit seinen europäischen Partnern für eine intensivere Vernetzung der nationalen und regionalen Klimaschutzanstrengungen sorgen. Insbesondere im globalen Verbund bietet Klimapolitik auch wirtschaftliche Chancen.

Zwischenergebnis zur dena-Leitstudie Integrierte Energiewende

Aktuell beschäftigen sich in Deutschland verschiedene Institutionen mit der Transformation des Energiesektors und der Integration in das Gesamtsystem deutsche Wirtschaft. Die Deutsche Energie-Agentur (dena) untersucht in ihrer „Leitstudie Integrierte Energiewende“, gemeinsam mit wissenschaftlichen Gutachtern und über 50 Unternehmen und Wirtschaftsverbänden aus allen für die Energiewende relevanten Branchen, wie die Klimaschutzziele, die sich Deutschland bis 2050 gesetzt hat, erreicht werden können. Ziel für das Jahr 2050 ist ein Energiesystem, in dem über alle Sektoren hinweg kaum noch CO₂ ausgestoßen wird – also in Energieerzeugung und -verteilung, Industrie, Gebäuden sowie in der Mobilität. Ein erstes Zwischenfazit der Studie zeigt, dass die Erreichung der 2030er-Ziele von großer Bedeutung für die erfolgreiche weitere Transformation des Energie- und Wirtschaftssystems ist. Um ausreichende CO₂-Senkungen über alle Sektoren hinweg zu erzielen, braucht es eine integrierte Energiewende und einen ambitionierten Transformationspfad, in dem alle verfügbaren Technologien optimal genutzt werden.

Die Studie arbeitet mit drei verschiedenen Szenarien: Das erste baut als Referenzszenario auf den aktuellen Rahmenbedingungen und Marktentwicklungen sowie den geltenden politischen Entscheidungen auf. Das Klimaschutzziel von 80 bis 95 % weniger CO₂-Emissionen im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 wird in diesem Szenario klar verfehlt: Bis 2050 können die CO₂-Emissionen bestenfalls um 60 % reduziert werden. Das zweite Szenario rechnet mit einer breiten Elektrifizierung in Industrie, Gebäuden und Verkehr und führt zu einer deutlichen Zunahme der Stromnachfrage. Hier können die CO₂-Emissionen um bis zu 90 % reduziert werden.

Das dritte Szenario lässt einen breiten Mix an Technologien zu. Im Vergleich zum Elektrifizierungsszenario führt dieses Technologiemitmixszenario zu einem höheren Anteil an gasförmigen und flüssigen Brenn- und

Kraftstoffen, die mit Hilfe von erneuerbaren Energien synthetisch erzeugt und hauptsächlich importiert werden. Es ermöglicht ebenfalls eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 90 %. Nach den Zwischenergebnissen zeichnet sich ab, dass das Technologiemitmixszenario wirtschaftlicher und robuster ist als das Elektrifizierungsszenario.

Einige Trends ziehen sich durch alle Szenarien: Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss auf sehr hohem Niveau fortgesetzt und die Energieeffizienz in Haushalten, Industrie, Gewerbe und Verkehr deutlich gesteigert werden. Es bedarf eines erheblichen Ausbaus der Stromnetze, insbesondere im Bereich der Verteilnetze. Die Anstrengungen in Forschung und Entwicklung müssen verstärkt werden, um Innovationen anzustoßen und zügig in den Markt zu bringen. Dies gilt insbesondere für diejenigen industriellen Prozesse, für die nach heutigem Stand der Technik keine klimafreundliche Alternative existiert.

Deutschland wird in jedem Fall darauf angewiesen sein, sich eng mit anderen Ländern auszutauschen: sei es, um Schwankungen im Netz auszugleichen oder klimafreundliche Energieträger zu importieren; sei es, um die Entwicklung der notwendigen Energiewende-Technologien voranzutreiben oder internationale Vereinbarungen zur CO₂-Vermeidung für energieintensive Branchen oder Anwendungsbereiche zu erzielen. Angesichts der großen und vielschichtigen Veränderungen, die die Energiewende mit sich bringt, wird der Erfolg schließlich maßgeblich davon abhängen, dass die Gesellschaft von den Chancen und Vorteilen dauerhaft überzeugt ist.

Das Ziel ist, die Rahmenbedingungen, Lösungsbau- steine und Gestaltungsmöglichkeiten für ein optimiertes, kosteneffizientes und damit nachhaltiges Energiesystem bis 2050 zu identifizieren. Die vollständige Studie mit ihren abschließenden Ergebnissen wird Mitte 2018 erwartet.