ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Thie, Jan-Erik; Teitge, Jonas; Trauboth, Antje; Jaeger, Carlo

Research Report

Wie viel Wachstum - welches Wachstum?

IMK Study, No. 82

Provided in Cooperation with:
Macroeconomic Policy Institute (IMK) at the Hans Boeckler Foundation

Suggested Citation: Thie, Jan-Erik; Teitge, Jonas; Trauboth, Antje; Jaeger, Carlo (2022) : Wie viel Wachstum - welches Wachstum?, IMK Study, No. 82, Hans-Böckler-Stiftung, Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK), Düsseldorf, https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-202301181456231520867 5

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/270342

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

IMK
Institut für Makroökonomie
und Konjunkturforschung

Das IMK ist ein Institut
der Hans-Böckler-Stiftung

STUDY

Nr. 82 • November 2022 • Hans-Böckler-Stiftung

WIE VIEL WACHSTUM – WELCHES WACHSTUM?

Jan-Erik Thie[1], Jonas Teitge, Antje Trauboth, Carlo Jaeger[2]

KURZBESCHREIBUNG

Die weltweit anstehende sozial-ökologische Transformation wird für die Industrienation Deutschland weitreichende Konsequenzen haben. Vertreter von Post Growth-Ansätzen empfehlen für die unmittelbare Zukunft einen Übergang zu Null-Wachstum. Wir analysieren drei verschiedene Entwicklungspfade: Business as usual, No Growth und Green Growth. Dazu unterscheiden wir zwischen braunem, grünem und grauem Kapital (z.B. Kohlekraftwerke, Solarpanels und Schienennetze). Business as usual ist mit der vom Bundesverfassungsgericht angemahnten zügigen Entwicklung in Richtung Klimaneutralität schlicht unvereinbar, da der braune Kapitalstock viel zu langsam abgebaut wird. Green Growth kombiniert hingegen eine genügend schnelle Abschreibung des braunen Kapitals mit einem noch schnelleren Ausbau des grünen Kapitalstocks und kann dadurch Klimaneutralität bis 2045 erreichen. Der damit verbundene Investitionsschub bewirkt ein höheres, aber anders geartetes Wachstum als im Business as usual. Auch Null-Wachstum kann Klimaneutralität nur durch den Übergang von braunem zu grünem Kapital erreichen. Dieser Übergang wird jedoch so forciert, dass er politisch weder wünschenswert noch realisierbar ist: Die Einkommen großer Teile der Bevölkerung würden keinerlei Verbesserung erfahren. Eine Green Growth-Strategie bietet also gegenüber den anderen beiden Szenarien klare Vorteile. Für eine erfolgreiche und sozial gerechte Umsetzung dieser Strategie sind öffentliche Investitionen zentral.

1 Jan-Erik Thie: Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) und Global Climate Forum, Email: jan-erik-thie@boeckler.de

2 Jonas Teitge, Antje Trauboth, Carlo Jaeger: Global Climate Forum

Inhaltsverzeichnis

EXECUTIVE SUMMARY **3**

1 WIE VIEL WACHSTUM BRAUCHT DER MENSCH? **6**

1.1 ÖKONOMEN ZUR ZUKUNFT DES WACHSTUMS 6

1.2 POST GROWTH - MODELLANNAHMEN UND IMPLIKATIONEN 8

1.3 SOZIAL-ÖKOLOGISCHE TRANSFORMATION UND ENTWICKLUNGSPFADE 10

2 WELCHES WACHSTUM FÜR DEUTSCHLAND? **14**

2.1 ANALYSE DES IST-ZUSTANDS 14

2.2 DREI ENTWICKLUNGSPFADE 17

2.3 DIE SCHLÜSSELROLLE ÖFFENTLICHER INVESTITIONEN 23

3 AUSBLICK **26**

LITERATURVERZEICHNIS **28**

ANHANG I **30**

ANHANG II **31**

Executive Summary

Die sozialökologische Transformation zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Weltgesellschaft ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Auf die Frage, unter welchen Bedingungen und auf welche Art und Weise ein solcher Zustand erreicht werden kann, gibt es unterschiedliche Antworten. Besonders hinsichtlich der Frage nach der Rolle und Bedeutung von weiterem Wirtschaftswachstum gibt es abweichende Auffassungen, nicht zuletzt unter Ökonom:innen. So kommen Vertreter:innen der sogenannten Post-Growth Bewegung zu dem Schluss, dass wirtschaftliches Wachstum mit einer nachhaltigen und dekarbonisierten Gesellschaft unvereinbar ist und eine weitere Entwicklung der Gesellschaft auf anderen Wegen stattfinden muss. Einer der prominentesten Vertreter dieser These ist Tim Jackson, der mit seinen verschiedenen Publikationen zu diesem Thema auch außerhalb der wirtschaftswissenschaftlichen Betrachtung aktuell Beachtung findet (Ehlerding, 2022). Auf Grundlage dieser Fragestellung analysieren wir im ersten Teil dieses Berichtes, wie weit ein Ende des Wirtschaftswachstums in der jetzigen historischen Situation möglich und nötig ist, um dies im zweiten Teil mit dem Fokus auf Deutschland genauer zu prüfen.

Im ersten Teil halten wir fest, dass von Adam Smith bis John Maynard Keynes maßgebende Ökonomen langfristig mit einem Übergang von einer wachsenden zu einer stationären (“steady state”) Wirtschaft rechneten. Dafür haben sie einerseits ökologische, andererseits anthropologische Gründe identifiziert. 1965 zeigten dann Cass und Koopmans, unter welchen Bedingungen ewiges Wirtschaftswachstum die optimale Zukunft der Menschheit darstellt: Die Präferenzen der Menschen dürfen keine Sättigung ermöglichen und der technische Fortschritt muss unbegrenzt sein. Demgegenüber greift die gegenwärtige Post-Growth Bewegung auf die frühere Vorstellung einer steady state economy zurück und vertritt die Auffassung, dass der Abschied vom Wirtschaftswachstum – besonders wegen des Klimawandels – jetzt fällig sei.

Tim Jackson entwickelt diese Auffassung mit einem interessanten Simulationsmodell für die Wirtschaft Kanadas. Darin gliedert er den Kapitalstock in einen braunen (z.B. Kohlekraftwerke) und einen grünen (z.B. Windkraftwerke) Anteil und entwirft drei Szenarien. Im Business as usual-Szenario wächst die Wirtschaft mit dem bisherigen Kapitalstock weiter wie bisher, sodass die Treibhausgasemissionen unbegrenzt weiter steigen. In Jacksons Green Growth-Szenario wird braunes langsam durch grünes Kapital ersetzt, mit dem Ergebnis, dass die Wirtschaft weiterwächst, während die Emissionen stetig fallen - die Klimaziele des Pariser Abkommens jedoch weit verfehlt werden. Im No Growth-Szenario (das Jackson als “Sustainable Prosperity” bezeichnet) wird braunes

Kapital viel schneller durch grünes ersetzt, sodass Klimaneutralität schon 2040 erreicht wird; um das Jahr 2030 setzt Nullwachstum ein. Dieses wird mit Maßnahmen wie Arbeitszeitverkürzung und Einkommensumverteilung verknüpft, wodurch die Lebensqualität eines großen Teils der Bevölkerung gesteigert wird. Aus dieser Analyse ziehen wir den Schluss, dass für die Klimapolitik nicht das Ausmaß des Wirtschaftswachstums entscheidend ist, sondern das Tempo, in dem der grüne Kapitalstock auf- und der braune abgebaut wird.

Im zweiten Teil konkretisieren wir diese Erkenntnisse im Hinblick auf die deutsche Situation. Die Daten der letzten Jahrzehnte zeigen eine Entkoppelung des Wirtschaftswachstums von den Treibhausgasemissionen. Dass diese Entkoppelung noch weitergetrieben werden kann, ist absehbar. Doch der Weg bis zu einer vollständigen Entkopplung stellt eine enorme Herausforderung dar, erst recht wenn das in weniger als drei Jahrzehnten gelingen soll. Es setzt die komplette Abschreibung bzw. das Stilllegen des braunen Kapitalstocks voraus. Das wiederum ist nur möglich, wenn der grüne Kapitalstock durch einen Investitionsschub, der historisch seinesgleichen sucht, ausgebaut wird.

Vor diesem Hintergrund untersuchen wir drei idealtypische Entwicklungspfade: Business as usual (Bau), Green Growth und No Growth. Dabei berücksichtigen wir die (von Jackson ausgeklammerte) Tatsache, dass ein großer Teil des Kapitalstocks für sich genommen weder als braun noch als grün charakterisiert werden kann. Ob ein existierendes Gebäude braun oder grün “wirkt”, kann z.B. davon abhängen, ob es mit einer Ölheizung oder einer Wärmepumpe beheizt wird; ob Batterien braun oder grün wirken, kann davon abhängen, in welchem Ausmaß die Energie aus fossilen oder erneuerbaren Quellen gespeist wird. Bei jedem der drei Szenarien betrachten wir deshalb den grauen Anteil am Kapitalstock als den größten. Ebenso berücksichtigen wir bei jedem Szenario den Unterschied zwischen privaten und öffentlichen Investitionen.

Im Bau-Szenario wächst die Wirtschaft wie in den letzten Jahrzehnten, ebenso nimmt der grüne Anteil am Kapital so zu, wie es in den letzten Jahrzehnten der Fall war. Die aktuellen Klimaziele der Bundesregierung werden auf diesem Pfad bei Weitem verfehlt. Im Green Growth-Szenario wird das braune Kapital bis 2045 auf null reduziert. Dies ist nur möglich, weil das grüne Kapital deutlich schneller wächst als in der Vergangenheit. Auch die Akkumulation des grauen Kapitals beschleunigt sich, weil die sozialökologische Transformation weitreichende Veränderungen im Gebäudebestand, verschiedenen Infrastrukturen und anderen Bereichen mit sich bringt. Als Ergebnis werden die Klimaziele für 2045 erreicht, während die Wirtschaft schneller wächst als im Bau-Szenario. Im No Growth-Szenario bleiben der Kapitalstock insgesamt ebenso wie das graue Kapital und

das BIP ab sofort konstant, während das braune Kapital bis 2038 vollständig durch grünes ersetzt wird. So wären sehr ehrgeizige Klimaziele zu erreichen. Doch anders als mit einer rigorosen Planwirtschaft ist ein solcher Pfad kaum darstellbar und hartnäckiger Widerstand sowohl der Wohlhabenden als auch der stärker benachteiligten Bevölkerungsgruppen wäre absehbar.

Diese Erwägungen deuten darauf hin, dass Strategien, die sich an einer Perspektive grünen Wachstums orientieren, gegenüber zaghaften Strategien, die sich nicht entschlossen von der bisherigen Vorgehensweise lösen, aber auch gegenüber unbedachten Versuchen, aus dem Stand ein wirtschaftliches Nullwachstum zu erzwingen, im Vorteil sind. Dabei spielen öffentliche Investitionen aus mehreren Gründen eine Schlüsselrolle. Zunächst verlangt die sozial-ökologische Transformation zu einer klimaneutralen Welt Investitionen in Gemeinschaftsgüter wie neue Stromnetze, für die der Staat verantwortlich ist. Weitere Gemeinschaftsgüter, deren Beitrag zu Treibhausgasemissionen kein Selbstläufer sind, gibt es etwa auch in den Bereichen Bildung und Gesundheit. Deswegen sind öffentliche Investitionen unerlässlich, um das Niveau an gesellschaftlicher Fairness zu gewährleisten, ohne dass die sozial-ökologische Transformation die soziale Dimension zu verspielen droht. Öffentliche Investitionen spielen darüber hinaus eine entscheidende Rolle, um die Risiken und Unsicherheiten, durch die private Investitionen in die Transformation gebremst und verengt werden, abzumildern.

Wir kommen zu dem Schluss, dass Richtung und Ausmaß der Investitionen, insbesondere der öffentlichen Investitionen in grünes und auch dringend notwendiges graues Kapital, für das Gelingen der sozial-ökologischen Transformation von zentraler Bedeutung sind. Das gilt gleichermaßen im Hinblick auf die weitreichenden Risiken des Klimawandels und im Hinblick auf soziale Gerechtigkeit.

Den Abschluss dieses Berichts bildet eine Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschungsaufgaben.

1 Wie viel Wachstum braucht der Mensch?

1.1 Ökonomen zur Zukunft des Wachstums

Die Ökonomie als wissenschaftliche Disziplin entstand zu der Zeit, als in Großbritannien ein Wirtschaftswachstum einsetzte, wie es die Welt noch nie gesehen hatte. Es wurden mehr und mehr Nahrungsmittel, Textilien, Kleider, Möbel, Wohnungen, Gebäude, Schiffe usw. produziert. Die Bevölkerung nahm zu und pro Kopf stieg die Produktion. Der weltweite Handel florierte und die Unternehmer und Adligen erfreuten sich eines wachsenden Wohlstands.

Adam Smith, David Ricardo, John Stuart Mill, Karl Marx - Pioniere der Ökonomie als Wissenschaft - sahen sehr wohl, dass dieses Wachstum von einem erheblichen Teil der Bevölkerung als Fortschritt erlebt und gewünscht wurde. Und sie sahen, dass es wesentlich auf der Akkumulation von produktiv nutzbarem Kapital beruhte, indem ein Teil des überschüssigen Outputs über die Inputs reinvestiert wurde. Smith betonte, dass die Kapitalakkumulation mit neuen Formen der Spezialisierung einherging. Mill betonte die Bedeutung von innovationsförderndem Wissen. Ricardo und erst recht Marx erkannten, dass die Kapitalakkumulation mit neuen Formen von fixem Kapital, insbesondere Maschinen, verbunden war. Dabei spielte die Dampfmaschine, in Verbindung mit den Kohlevorkommen Großbritanniens, eine wesentliche Rolle. Dass die entstehende Industriestruktur auf fossilen Brennstoffen beruhte, beschäftigte weder Mill noch Marx, auch wenn der französische Mathematiker und Physiker Joseph Fourier den Treibhausgaseffekt schon zu ihren Lebzeiten entdeckt hatte.

Bemerkenswerterweise betrachteten die Gründungsväter der Ökonomie das Wirtschaftswachstum als vorübergehendes Phänomen, das auf Dauer einem stationären Zustand weichen würde und vielleicht auch sollte. Dafür waren drei Gründe maßgebend. Erstens sind die natürlichen Ressourcen, auf die die Wirtschaft angewiesen ist (vor allem die Fläche nutzbaren Bodens) begrenzt. Wer diese Grenzen ignoriert, schädigt auch die vorhandenen Ressourcen. Zweitens ist das Wirtschaftswachstum, wie wir es kennen, geprägt durch einen dauernden Kampf darum, im Rennen zu bleiben (Mill: “the trampling, crushing, elbowing, and treading on each other’s heels”). Demgegenüber kann ein stationärer Zustand einer sein, in dem die materiellen Grundbedürfnisse befriedigt sind und die Aufmerksamkeit der Menschen auf ästhetische und ethische Möglichkeiten der Selbstverwirklichung gerichtet ist – was durchaus mit kreativen Innovationen verbunden sein dürfte. Als drittes kam die Vermutung dazu, dass langfristig die Profitrate, und damit verbunden die Wachstumsrate, auf Null fallen würde. Von Smith bis Marx (und später

auch Keynes) wurden für diese Vermutung unterschiedliche und nicht wirklich plausible Gründe angegeben, sodass wir diesen Aspekt hier nicht weiterverfolgen.

Der erste, ökologische Grund verlor bald an Einfluss: In den entstehenden Industriestädten hatte die von der Umweltverschmutzung hart betroffene Arbeiterschaft nur wenig Spielraum, neben der sozialen auch die ökologische Frage auf die Tagesordnung zu setzen. Zugleich ließen die weltweiten Kolonien sowie die Bodenschätze und die Weite der USA die Begrenztheit nationaler und planetarischer Ressourcen in den Hintergrund treten. In Westeuropa, den USA und Japan führte exponentielles Wirtschaftswachstum zu wachsendem Wohlstand, während sich gleichzeitig das Gefälle zur Mehrheit der Bevölkerung in der “great divergence” verschärfte (Grinin et al., 2015).

Anders verhielt es sich mit dem zweiten, wenn man so will anthropologischen Grund, dass nämlich das Wirtschaftswachstum ein Ende finden werde, wenn die physiologischen Grundbedürfnisse der Menschheit befriedigt sein würden. 1928 veröffentlichte der 25-jährige Frank Ramsey sein bahnbrechendes Modell optimalen Wachstums, das sich asymptotisch dem Zustand befriedigter Grundbedürfnisse nähert (Attanasio, 2015). Die Wirtschaft wird dabei nie mehr produzieren als die endliche Menge, die für diesen Zustand erforderlich ist. Eine Diskontierung des Wohlstands zukünftiger Generationen, die Ramsey sowieso für ethisch unvertretbar hielt, war in diesem Rahmen für die Analyse optimalen Wachstums entbehrlich.

Zwei Jahre später veröffentlichte Ramseys Freund Keynes den Aufsatz “Economic Possibilities for Our Grandchildren”, in dem er ganz im Sinne Ramsey’s eine seines Erachtens nach realistische Zukunft skizzierte: Jenseits des Wirtschaftswachstums würde nicht das Streben nach materiellen Gütern, sondern nach Muße, ästhetischem Genuss und Selbstverwirklichung das Leben der Menschen erfüllen. In einer solchen Welt, dachte Keynes, würden Ökonomen nur noch geringfügige Probleme zu lösen haben, sozusagen als Klempner des – dann weitgehend automatisierten – Produktionsprozesses. Es ist bemerkenswert, wie sehr diese Vorstellung dem von Marx in seinem Hauptwerk formulierten Gegensatz, zwischen der materiellen Produktion als dem unvermeidbaren Reich der Notwendigkeit und der freien Zeit als Reich der Freiheit gleicht. Dass berufliche Tätigkeit in der materiellen Produktion, wie auch in anderen Bereichen, genauso kreativ und erfüllend sein könnte wie manche Freizeitbeschäftigung konnten sich weder Keynes noch Marx vorstellen.

1965, inmitten des goldenen Zeitalters des Wirtschaftswachstums, das die Industrieländer von 1950 bis zur Krise von 1973 erlebten, implantierten David Cass und Tjalling

Koopmans eine Nutzenfunktion ohne Sättigung und einen grenzenlosen exponentiellen technischen Fortschritt in Ramseys Modell. Ewiges Wirtschaftswachstum konnte dadurch als optimale Zukunft der Menschheit dargestellt werden.

Dieses Zukunftsbild gewann an Glaubwürdigkeit, als für einen wachsenden Teil der Bevölkerung des globalen Südens - vor allem durch den Aufstieg Chinas - das Wohlstandsgefälle zum globalen Norden zurückging. Mit dieser “great convergence” erreichte jedoch nicht nur das weltweite Wirtschaftswachstum, sondern auch die globale Umweltzerstörung eine neue Dimension.

Seit wenigen Jahrzehnten realisieren deshalb mehr und mehr Menschen, dass wir eine gemeinsame Umwelt teilen, und dass wir diese Umwelt in einem Ausmaß verunstalten und beschädigen, durch das wir uns selbst schädigen und als Spezies bedrohen. Es besteht kein Zweifel daran, dass das bisherige Wachstum der Weltwirtschaft mit wachsenden Umweltschäden einhergeht. Der durch uns Menschen verursachte Klimawandel ist dafür das prominenteste Beispiel. Artensterben, Verschmutzung der Ozeane, Entwaldung und mehr zeigen jedoch, dass der Klimawandel Teil eines noch größeren Problems ist.

In dieser Situation gewinnen die Zweifel, die Ökonomen von Smith bis Keynes an einer Perspektive endlosen Wirtschaftswachstum aus ökologischen und anthropologischen Gründen entwickelt haben, neue Relevanz. Autoren wie Herman Daly und Tim Jackson haben diese Zweifel und die Perspektive eines stationären Zustands jenseits des wirtschaftlichen Wachstums neu formuliert (Daly, 1973).

1.2 Post Growth - Modellannahmen und Implikationen

Die Post Growth Bewegung steht in einer Denktradition, die mit dem einflussreichen Club of Rome bzw. der Veröffentlichung “Grenzen des Wachstums” aus dem Jahr 1972 verbunden werden kann. Analog zu dieser argumentieren Post Growth-Vertreter:innen, dass das Bevölkerungswachstum sowie auch das ökonomische Wachstum durch die natürlichen Grenzen der Verfügbarkeit knapper Ressourcen beschränkt sind. Wie auch bereits Vertreter:innen anderer ökonomischer Schulen wie Ramsey oder Keynes (vergleiche hierzu auch 1.1) gehen Sie davon aus, dass ökonomisches Wachstum (gemessen zum Beispiel als BIP pro Kopf) bis zu einem gewissen Punkt mit positiven Effekten verbunden ist, darüber hinaus jedoch das Wohl der Menschen nicht mehr steigert. Für die mittelfristige Entwicklung werden andere Kennzahlen und Konzepte zur Messung des Fortschritts wie z.B. Glücksindex oder Sustainable Prosperity Index herangezogen. Diese beziehen neben den ökonomischen Faktoren wie BIP pro Kopf,

Arbeitslosigkeit oder durchschnittliche wöchentliche Arbeitsstunden auch soziale und ökologische Faktoren, wie Lebenserwartung und ökologischer Fußabdruck, mit in die gesellschaftliche Bewertung einer Volkswirtschaft mit ein.[1] Die wirtschaftswissenschaftlichen Erkenntnisse, welche durch eine Analyse von den bisher dominierenden Wachstumsökonomien bis zum jetzigen Zeitpunkt gewonnen werden konnten, werden von Post Growth-Ökonom:innen jedoch nicht komplett als irrelevant verworfen, sondern können nach ihrer Ansicht auch einen Teil der Grundlage für einen Übergang zu einem neuen Entwicklungspfad bilden.

Eine der einflussreichsten Publikationen in diesem Kontext, welche auch über den rein wissenschaftlichen Diskurs hinaus für viele Diskussionen zu diesem Thema in Gesellschaft und Medien gesorgt hat, ist Tim Jacksons "Wohlstand ohne Wachstum" (Jackson, 2017). Hierin skizziert Jackson eine Welt, welche in Übereinstimmung mit den Sichtweisen der Post Growth-Bewegung, in einen nachhaltigen wirtschaftlichen Steady-State übergeht. In seiner Analyse der Szenarien bezieht sich Jackson auch auf LowGrowSFC, ein makroökonomisches stock-flow-consistent Modell der kanadischen Volkswirtschaft, welches er zusammen mit seinem Co-Autor Peter Viktor entwickelt hat (Jackson and Victor, 2020). Sie kommen hier zu der Einschätzung, dass der Wohlstand (gemessen anhand des von ihnen eingeführten sozio-ökonomischen Indikators Sustainable Prosperity Index - siehe Abbildung 1) in einer Steady-State-Ökonomie mit ausgeprägter Dekarbonisierung größer ist als in den Vergleichsszenarien: Business as usual mit geringer Dekarbonisierung und viel Wachstum und Green Growth mit jeweils mittlerem Wachstum (siehe Abbildung 2).

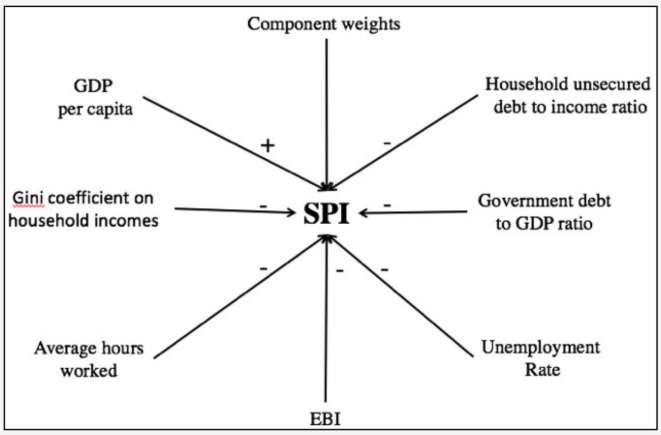


Figure 6: Overview of the Sustainable Prosperity Index

Abbildung 1: Komposition Sustainable Prosperity Index

[1] Siehe hierzu zum Beispiel: https://www.postgrowth.org/about-post-growth-economics.

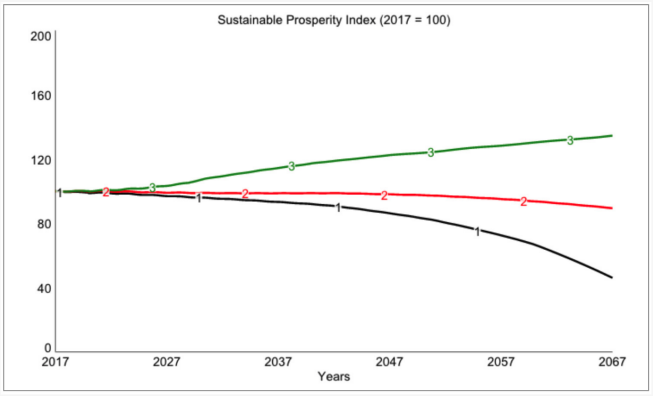


Figure 8: *Sustainable Prosperity Index (SPI): 2017 – 2067*
1=Base Case; 2=Carbon Reduction; 3=Sustainable Prosperity

Abbildung 2: Entwicklung Sustainable Prosperity Index in LowGrow-Szenarien

Grundlage für dieses Ergebnis bilden sowohl die Ausgestaltung des Index als auch einige grundlegende Modellannahmen, welche sich aus der Dokumentation von Jackson und Viktor (2020) implizit und explizit ableiten lassen.[2] Zu nennen sind hier beispielsweise:

- Unterscheidung in zwei Arten von Kapital: braun und grün.
- Ein generisches Produkt, das für Konsum und für beide Arten von Investitionen (privat und öffentlich) verwendet wird (putty-clay Struktur).
- Treibhausgasemissionen ergeben sich aus dem Bestand an braunem Kapital.
- Investitionen werden durch Erwartungen gesteuert.
- Erwartungen sind einfache Extrapolationen aus der Vergangenheit.

Diese Annahmen können in weiten Teilen exemplarisch für Post Growth Modelle insgesamt betrachtet werden und sind für eine Interpretation der ökonomischen Ergebnisse mit von Bedeutung.

1.3 Sozial-ökologische Transformation und Entwicklungspfade

Maßgebende Ökonomen von Smith bis Keynes waren, wie in Abschnitt 1.1 dargestellt, überzeugt, dass Wirtschaftswachstum ein historisch bedeutsames, aber letztlich vorübergehendes Phänomen darstellt. Demnach handelt es sich beim Wachstum der Weltwirtschaft um einen Übergang, der im Lauf der Zeit zu einem stationären Zustand führen wird und vielleicht auch soll, sei es um die Umwelt zu schützen, sei es um eine hohe Lebensqualität der Menschen zu stabilisieren, oder beides.

[2] Für eine detaillierte Analyse der Dynamik in LowGrowSFC siehe Anhang.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurde es eine Zeit lang still um diese Auffassung. Neuerdings hat die globale Umweltkrise, insbesondere das Problem des Klimawandels, der Vorstellung einer nicht mehr weiterwachsenden Wirtschaft als ein wünschenswerter Zustand neue Aktualität verliehen. Tim Jackson hat, wie in Abschnitt 1.2 erläutert, mithilfe quantitativer Simulationen diese Sicht der Dinge neu formuliert.

Allerdings zeigt sich dabei, dass selbst in Jacksons Simulationen der entscheidende Beitrag zur Beendigung der wachsenden Umweltbelastung, insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel, nicht so sehr im hypothetischen Ende des Wirtschaftswachstums als vielmehr in der Transformation des gesellschaftlichen Kapitalstocks besteht. Denn dieser Kapitalstock hat sich historisch so entwickelt, dass fossile Brennstoffe die Schlüsselrolle für den Energieverbrauch der Weltwirtschaft spielen. Das gilt für fossile Kraftwerke ebenso wie für wenig energieeffiziente Gebäude, deren Heizungen wiederum auf fossilen Brennstoffen beruhen. Und es gilt für industrielle Produktionsanlagen wie für das weltweite Netz an Tankstellen. Einfach den bestehenden Kapitalstock nicht mehr weiter auszubauen, würde da nicht weiterhelfen. Entscheidend ist vielmehr, Kohle- und andere fossile Kraftwerke durch Wind- und andere Kraftwerke zur Erzeugung erneuerbarer Energien zu ersetzen. Ebenso wenig würde es helfen, die rund eine Milliarde Autos, die gegenwärtig auf den Straßen der Welt fahren und parken, nicht mehr zu erhöhen. Vielmehr geht es darum, vorhandene Autos durch klimaneutrale Fahrzeuge zu ersetzen und bestehende Mobilitätsmuster durch neue Nutzungsformen von Straßen, Schienen, Plätzen usw. abzulösen.

Der grundlegende Vorgang lässt sich, wie im vorigen Abschnitt gezeigt, als Dynamik von zweierlei Arten von fixem Kapital - modelltechnisch als “braun” und “grün” gekennzeichnet - untersuchen. Es genügt nicht, den braunen Kapitalbestand auf heutigem Niveau oder sogar darunter zu stabilisieren. Entscheidend ist, die Richtung des Wachstums zu ändern, indem der braune Kapitalstock ab- und dafür der grüne aufgebaut wird. Natürlich gibt es auch “graues” Kapital, das im Zuge einer solchen Transformation vom Einsatz fossiler Energieträger entkoppelt wird. Jacksons Modell begnügt sich jedoch mit der Zweiteilung in braunes und grünes Kapital, in den Szenarien von Abschnitt 2.2 werden wir auch graues Kapital explizit berücksichtigen.

Vielleicht wird eines Tages das weltwirtschaftliche Wachstum einem stationären Zustand einer grünen Weltwirtschaft, in der immer wieder Neues entsteht, weichen. Aber in der Gegenwart würde ein Ende des wirtschaftlichen Wachstums aus zwei Gründen zu einer Kaskade gesellschaftlicher Katastrophen führen. Einerseits nährt das Wachstum die Hoffnung, es möge den eigenen Kindern und auch einem selbst in Zukunft besser gehen. Für einen beträchtlichen Teil der Bevölkerung mit niedrigem sozialen Status würde mit

einem Ende des Wachstums diese Hoffnung verloren gehen, was Verzweiflung schüren und soziale Konflikte verschärfen dürfte. Die Minderheit der besonders gut Gestellten würde den Forderungen nach Umverteilung, die unter diesen Umständen in aggressiver Form zu erwarten sind, nicht erfreut nachkommen. Andererseits ist für die Minderheit der Superreichen der Wettkampf um höheren Status als Ihresgleichen eine identitätsbildende Motivation, die durch ein Ende des Wachstums gefährdet wäre. Und der Einfluss dieser Minderheit ist so groß, dass sie gegen eben dieses Ende auf vielfachen Wegen Widerstand leisten würde.

Damit ist nun keineswegs gesagt, dass ein Richtungswechsel des Wachstums vom bisherigen braunen Kapitalstock zu einem entstehenden grünen nicht erhebliche Herausforderungen mit sich bringt. Ein wichtiges Beispiel ist die Tatsache, dass der dynamische Engpass beim Tempo des Aufbaus grünen Kapitals liegt. Braunes Kapital lässt sich im Zweifelsfall durch ordnungsrechtliche Maßnahmen sehr kurzfristig unbrauchbar machen. Grünes Kapital kann aber nicht gleich leicht durch staatlichen Beschluss aufgestockt werden. Wird aber braunes Kapital abgebaut ohne dass eine adäquate Alternative an grünem Kapital im nötigen Umfang gegeben ist, so schrumpft der Kapitalstock insgesamt und es kommt zu Wachstumseinbrüchen, die dann zu politischen und sozialen Hindernissen bei der weiteren Entwicklung der Energiewende führen.

Die Notwendigkeit, den Abbau braunen Kapitals in dem Tempo, dass der Aufbau grünen Kapitals erlaubt, zu halten, zeigt sich auch an der zentralen Zielgröße der sozialökologischen Transformation, der Reduktion der Treibhausgasemissionen. Werden zum Beispiel an einer Stelle Prozesse elektrifiziert, um diese Emissionen zu reduzieren, während andernorts der Ausbau erneuerbarer Energien stockt, so verschwinden unter Umständen die entsprechenden Emissionen in nationalen Statistiken einfach dadurch, dass sie woanders anfallen. Abbildung 3 zeigt demgegenüber, wie ein stetig wachsender Kapitalstock aus einem beschleunigten Wachstum des grünen Kapitalstocks kombiniert mit dem entsprechenden Abbau braunen Kapitals hervorgehen kann (zum Stellenwert des grauen Kapitals vgl. Abschnitt 2.2 und 2.3).

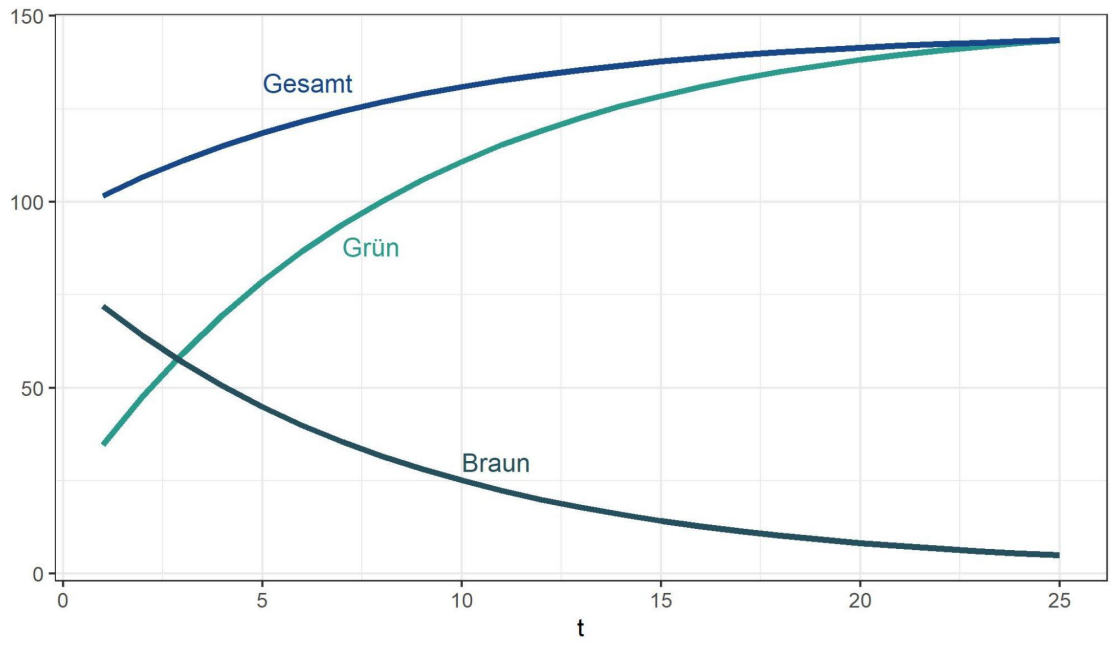


Abbildung 3: Synchronisierung des Abbaus braunen mit dem Aufbau grünen Kapitals

Um die komplexen Dynamiken der sozialökologischen Transformation zu einer klimaneutralen Gesellschaft zu untersuchen, können deshalb hochaggregierte Modelle - so nützlich und unentbehrlich sie oft sind - nicht genügen. Dazu wird es Multiagentenmodelle brauchen, bei denen besonders wichtige Unternehmen, Behörden und Haushalte als heterogene Agenten dargestellt werden. Natürlich kann nicht jeder Haushalt, jede Firma und jede Behörde als einzelner Agent modelliert werden. Der Rechenaufwand wäre mit heute verfügbarer Hard- und Software sogar zu bewältigen, die dafür notwendigen Daten bleiben jedoch trotz Big Data unerreichbar. Die Interaktion zwischen individuell dargestellten Agenten und einem Schwarm von Agenten, die nicht mehr einzeln dargestellt werden können, lässt sich jedoch mit den Mitteln der Mean-field Spieltheorie modellieren und untersuchen (Guéant et al., 2011).

Derartige Modelle werden keine Zaubermittel sein, aber sie eröffnen die Möglichkeit, Dynamiken sozialer Ungleichheit und mangelnde Synchronisation von Prozessen mit unterschiedlichen Zeitskalen so zu untersuchen, dass darauf basierend der historische Richtungswechsel des wirtschaftlichen Wachstums im nationalen und globalen Rahmen durch eine Vielzahl von Akteuren erfolgreich gestaltet werden kann. Das kann und soll im vorliegenden Bericht nicht geleistet werden, ist aber eine Aufgabe zukünftiger Forschung. Als Grundlage für weitere Arbeiten betrachten wir im Folgenden die Situation der deutschen Volkswirtschaft als Ausgangslage möglicher Dekarbonisierungsstrategien.

2 Welches Wachstum für Deutschland?

2.1 Analyse des Ist-Zustands

In Deutschland sind die Treibhausgasemissionen pro BIP-Einheit seit der Wiedervereinigung kontinuierlich gesunken, wie Abbildung 4 verdeutlicht. Das historische Wirtschaftswachstum hat sich von den Treibhausgasemissionen entkoppelt – ein Indiz dafür, dass eine Green-Growth-Strategie möglich ist. Allerdings sinken die Emissionen in Deutschland bislang nicht schnell genug, um die selbstgesteckten Klimaziele in 2045 zu erreichen.

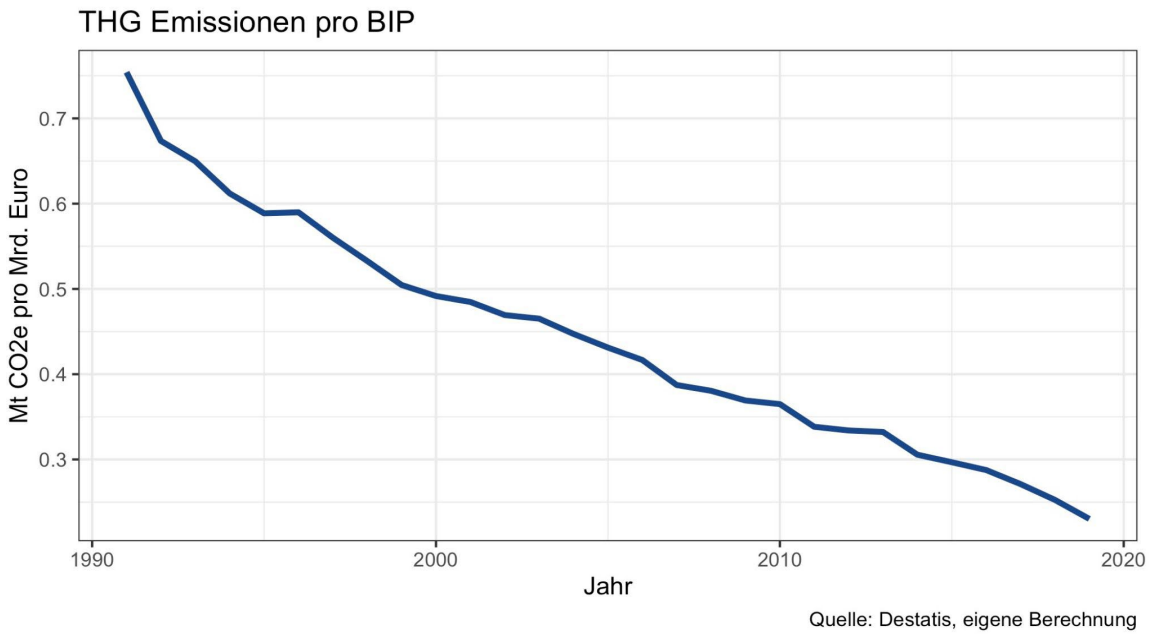


Abbildung 4: Entwicklung der THG-Emissionen pro BIP Deutschland

Abbildung 5 zeigt, welche Kraftanstrengung zum Erreichen dieser im Klimaschutzgesetz festgelegten Ziele notwendig ist. Zwar konnten in den vergangenen 30 Jahren die Emissionen signifikant gesenkt werden. Doch um Klimaneutralität 2045 zu erreichen, müssen die Gesamtemissionen noch deutlich stärker sinken, als dies bislang der Fall war. Zugleich zeigt die Abbildung, wie unterschiedlich die bisherigen Emissionsminderungen in den einzelnen Sektoren ausgefallen sind. So haben vor allem die Sektoren Gebäude, Energiewirtschaft und Industrie Emissionen zwischen 1990 und 2020 eingespart.

Bis 2030 soll eine THG-Emissionsminderung um 65% im Vergleich zu 1990 erreicht werden. Laut den sektoralen Zielvorgaben des Klimaschutzgesetzes fällt der größte Reduzierungsanteil auf die Sektoren Energie und Industrie - weiterhin die Sektoren mit den meisten Emissionen. In der Industrie sollen die Emissionen bis 2030 um 58% gegenüber 1990 sinken. Im Energiesektor beläuft sich die anvisierte Reduktion auf 77%.

Somit setzt die Bundesregierung in ihren Klimabemühungen in den kommenden Jahren vor allem auf die Wirkkraft des europäischen Emissionshandels, der die Sektoren Energiewirtschaft und Industrie betrifft (Thie, 2021).

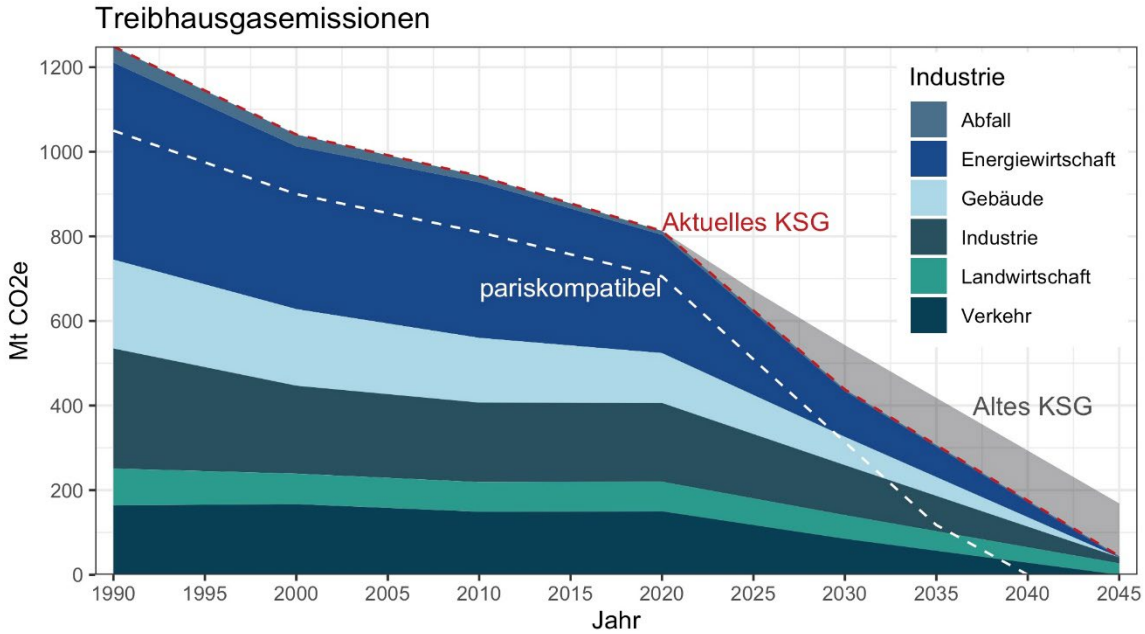


Abbildung 5: Deutschlands Treibhausgasemissionen historisch und projiziert

Zu Erinnerung: In Deutschland sind zwei CO_2-Preise relevant. Zum einen werden die Emissionen aus den Sektoren Industrie, Energie und Luftverkehr vom europäischen Emissionshandel (EU-ETS) adressiert. Zum anderen tangiert der nationale CO_2-Preis (ebenfalls ein Emissionshandel) in Deutschland die Wärmeerzeugung und den Verkehr. Der derzeitige Zertifikatepreis liegt beim EU-ETS bei ca. 89 € pro Tonne CO_2 und ergibt sich aus dem Handel der am ETS teilnehmenden Akteure (Sandbag, 2022). Im Gegensatz dazu wird der Preis im deutschen Emissionshandel in den kommenden Jahren zunächst nicht frei auf dem Markt bestimmt. Von 2021 bis 2025 ist der Preis festgesetzt. Daher entspricht der nationale ETS auch derzeit eher einer CO_2-Steuer. Ab 2026 kann der Preis zwischen 55€/tCO_2 und 65€/tCO_2 „floaten“.

Ein alleiniger Fokus auf einen CO_2-Preis als das zentrale Instrument zur Dekarbonisierung der Wirtschaft greift jedoch möglicherweise zu kurz. So kommen empirische Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass ein CO_2-Preis zwar ein fuel switching – also beispielsweise den Wechsel von Kohleverstromung zu Gas – auslösen kann, jedoch keinen Einfluss auf klimaneutrale Investitionen hat (Lilliestam et al., 2021). So sind neben ordnungsrechtlichen Maßnahmen wie Effizienzanforderungen an Gebäude oder Einhaltung bestimmter Abgasnormen, Investitionen der zentrale Eckpfeiler einer umfassenden Transformationsstrategie.

Die Bundesregierung hat in den vergangenen Jahren diverse klimarelevante Investitionspakete auf den Weg gebracht. So sollen mit Hilfe des Klimaschutzprogramms 2030 insgesamt 54 Milliarden Euro in die Bereiche Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude und Verkehr fließen. Weitere 26 Milliarden Euro Investitionssumme kommen aus dem coronabedingten Konjunkturprogramm 2020. Ein Großteil wird in den Sektor Verkehr investiert. Im Jahr 2021 wurde zudem das Sofortprogramm Klimaschutz von der Bundesregierung beschlossen. Es enthält 8 Milliarden Euro für Investitionen insbesondere im Gebäudesektor. Weitere 60 Milliarden Euro sollen über den zweiten Nachtragshaushalt 2021 für Klimaschutzausgaben (allen voran im Bereich Energiewirtschaft) bereitgestellt werden. Allerdings reichen diese Investitionssummen nicht aus, um die tatsächlichen Finanzierungsbedarfe zu decken (Murau und Thie, 2022).

Klimaschutzinvestitionen können einen wichtigen Beitrag zum Ausbau des öffentlichen und privaten Kapitalstocks in Deutschland leisten. Wie Abbildung 6 zeigt, ist der reale Nettokapitalstock[3] in den vergangen drei Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen. Allerdings waren in erster Linie private Investitionen in den privaten Kapitalstock verantwortlich für dieses Wachstum. Im Schnitt wuchs der reale private Kapitalstock um 1,1% zwischen 1991 und 2019. Die Wachstumsrate des öffentlichen realen Nettokapitalstocks betrug im selben Zeitraum hingegen lediglich 0,2%.

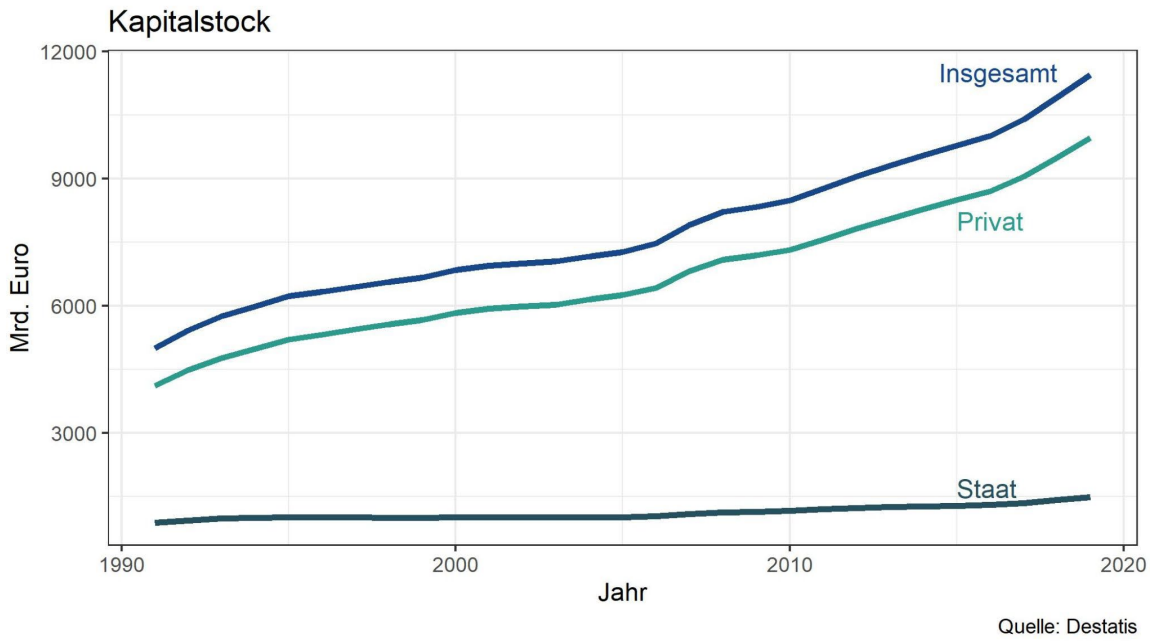


Abbildung 6: Deutschlands Kapitalstock zu Wiederbeschaffungspreisen

[3] Alle realen Größen in Preisen von 2015.

2.2 Drei Entwicklungspfade

Mit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom April 2021, wonach die ursprüngliche Version des Klimaschutzgesetzes in Teilen verfassungswidrig ist, legte die Bundesregierung eine Novellierung des Gesetzes vor und verbesserte die sektoralen Zielvorgaben. Klimaneutralität soll nun in 2045 erreicht sein. Kritiker:innen geht die Verschärfung des Klimaschutzgesetzes jedoch nicht weit genug. Sie fordern Klimaneutralität schon 2038, damit das Pariser Klimaziel von 1,75 Grad globale Erderwärmung gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter noch erreicht werden kann.

Analog zu den von Tim Jackson dargestellten Szenarien (siehe Abschnitt 1.2) und der hieraus abgeleiteten Dynamik formulieren wir im Folgenden ein Modell, welches drei exemplarische Entwicklungspfade für Deutschland näher beleuchtet (vgl. Abbildung 7). Das Basisjahr *t = 0* für die Initialisierung des Modells ist 2019. Zeitunabhängige Konstanten wurden aus historischen Daten von 1991 bis 2019 geschätzt (siehe Anhang II).

$$i = \{gov, priv\}; j = \{brown, green, grey\}$$
$$I_t^{i,j} = Y_{t-1} * \sigma_t^{i,j}$$
$$K_t^{i,j} = K_{t-1}^{i,j} * (1 - \delta_t^{i,j}) + I_t^{i,j}$$
$$K_t = \sum_i \sum_j K_t^{i,j}$$
$$Y_t = K_t * \kappa$$
$$\eta_t = \eta_{t-1} * (\alpha + \beta * \frac{K_t}{K_{t-1}})$$
$$L_t = Y_t / \eta_t$$
$$GHG_t = \sum_i K_t^{i,brown} * \epsilon$$

Abbildung 7: Modellgleichungen Szenarioanalyse

Für den Kapitalstock *K* wird zwischen den zwei Sektoren privat und staatlich unterscheiden. Darüber hinaus setzt sich der jeweilige Kapitalstock aus drei verschiedenen Arten zusammen: braun, grün und grau. Die Initialisierung der sektoralen Anteile erfolgt anhand der Zahlen aus dem Basisjahr, während die Anteile der drei verschiedenen Kapitalarten von uns gesetzt wurden (vgl. Anhang II). In manchen wissenschaftlichen Untersuchungen und Modellen, in denen der Kapitalstock eine zentrale Rolle spielt, wird lediglich unterschieden zwischen braunem und grünem Kapital

(zum Beispiel: Dafermos et al., 2018; Dafermos and Nikolaidi, 2019; Jackson and Victor, 2020; Monasterolo and Raberto, 2019, 2018).

Wir führen zu dieser dichotomen Einteilung basierend auf der THG-Intensität zusätzlich einen grauen Kapitalstock ein. Graues Kapital sollen zum Beispiel all diejenigen Maschinen sein, deren Klimawirkung vom Energieinput abhängig sind. So sind etwa strombetriebene Maschinen heute noch klimaschädlich, da die Stromversorgung noch zu einem großen Teil aus fossilen Energien gewonnen wird. Sofern diese jedoch vollständig regenerativ ist, produziert diese Maschine THG-neutral. Gleiches gilt auch für Gebäude - der mit Abstand größte Kapitalstock des nichtstaatlichen Sektors. Existierende Gebäude sind per se weder klimafreundlich noch umweltschädlich. Es kommt auf die Energieversorgung der Gebäude an und wie weit diese auf regenerativen bzw. fossilen Energieträgern beruht. Auf eine Modellierung der THG-Intensität des grauen Kapitalstocks verzichten wir an dieser Stelle. Seine Einführung ermöglicht es uns jedoch eine bessere Abschätzung des Transmissionsprozesses von THG-erzeugendem braunen Kapitalstock zu einem klimaneutralen grünen Kapitalstock hin zu formulieren.

Die Investitionen I zum Zeitpunkt t erfolgen auf Grundlage des Bruttoinlandsprodukts Y der vorhergehenden Periode. Der Faktor σ ist zeitabhängig. Er variiert über alle drei Kapitalarten und die zwei Sektoren.

Dabei beschreibt σ Erwartungen über zukünftige Gewinne, über Absatzchancen und wirtschaftliche Entwicklungen, einschließlich Erwartungen über notwendige Infrastrukturmaßnahmen oder anderweitige Veränderungen des Kapitalstocks, wonach Unternehmen und Staat ihre Investitionen ausrichten. Das σ des Staates ist auch vom politischen Konsens abhängig und entsprechend anpassbar. Das staatliche σ wirkt durch die Veränderung der Erwartungen auch auf das σ des privaten Sektors ein. Auf eine detaillierte Modellierung dieser Interdependenz verzichten wir hier. Sie bildet jedoch die Grundlage für die exogenen σ in den verschiedenen Szenarien.

Die Größe eines der sechs Kapitalstöcke zum Zeitpunkt t ergibt sich entsprechend nun als Summe aus den jeweiligen Investitionen und des um Abschreibungen bereinigten Kapitalstocks der vorhergehenden Periode $t - 1$. Der Abschreibungsparameter δ ist hierbei analog zum σ zeitabhängig und kann über die verschiedenen Kapitalarten und Sektoren variieren. Neben einem Wertverlust durch Abnutzung beinhaltet δ auch das Stilllegen von bestehendem Kapital, was besonders im Hinblick auf den braunen Kapitalstock und die Dekarbonisierungsziele in den Szenarien eine wichtige Rolle spielt.

Wir gehen in unserem Modell von einer konstanten Kapital-Output-Ratio aus (vgl. Madsen et al., 2012). Das BIP wird also von der Größe des Gesamtkapitalstocks der

Volkswirtschaft determiniert und ergibt sich aus diesem mit dem konstanten Kapital-Output-Ratio κ. Die Arbeitsproduktivität η wächst autoregressiv mit einem exogenen konstanten Koeffizienten α sowie in Abhängigkeit von der Kapitalakkumulation mit dem Faktor β. Die geleisteten Arbeitsstunden L ergeben sich nun als Quotient aus dem jeweiligen BIP und der aktuellen Arbeitsproduktivität. Die Treibhausgasemissionen richten sich schließlich nach der aktuellen Größe des braunen Kapitalstocks (privat und staatlich), welcher mit einer zeitkonstanten Rate ε CO_2 ausstößt.

Investitionen

Die volkswirtschaftliche Dynamik wird wesentlich durch Investitionen bestimmt. Im vorliegenden Modell sind sie abhängig vom BIP des Vorjahres und dem σ von heute. Die jeweiligen σ sind somit die zentralen Variablen für die Entwicklung der Investitionen in unseren Szenarien. Je nach Szenario verändert sich das (exogene) σ im Laufe der Zeit (siehe Anhang für eine ausführliche Darstellung der jeweiligen σ).

Für das No Growth-Szenario sind die σ für staatliche und private Investitionen in graues Kapital so gewählt, dass die Investitionen die jährliche Abschreibung des Kapitalstocks ersetzen. Die grünen σ (staatlich und privat) hingegen nehmen diejenigen Werte an, die zum einen für das Ersetzen des braunen Kapitalstocks innerhalb der vorgegebenen Zeit des Klimaneutralitätsziels notwendig sind und zum anderen den grünen Kapitalstock vor dem Abbau bewahren. Gleiches gilt für die grünen σ im Green Growth-Szenario. Die grauen σ in diesem Szenario sind konstant. Gleichzeitig setzen wir braune Investitionen in diesen beiden Szenarien auf null, da durch Klimapolitiken und -maßnahmen keine Investitionen in den braunen Kapitalstock mehr getätigt werden sollen. Im Bau-Szenario sind die grauen und grünen σ konstant. Die braunen σ nehmen mit der Zeit ab, sodass braunes Kapital auch in diesem Szenario kontinuierlich abgebaut wird.

Im Vergleich zu den anderen Szenarien wachsen die Gesamtinvestitionen im Green Growth-Szenario am stärksten (unten links in Abbildung 8). Denn wir gehen davon aus, dass in diesem Szenario zusätzliche Investitionen in beispielsweise den Ausbau des Schienennetzes oder der Radinfrastruktur für eine vollständige sozialökologische Transformation notwendig sind. Die Gesamtinvestitionen im Bau-Szenario hingegen folgen der historischen Entwicklung und wachsen weniger stark. Im No Growth-Szenario steigen die Gesamtinvestitionen nur so lange, bis das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2038 erreicht ist. Das Wachstum resultiert ausschließlich aus dem Ersetzen des braunen Kapitalstocks durch den grünen Kapitalstock. Sobald dieser vollständig substituiert wurde, fallen die Investitionen auf das Niveau, welches zum Erhalt des Kapitalstocks benötigt

wird (sie sind nicht gleich null). Zudem verzeichnen sie ab dem ersten Jahr der Klimaneutralität kein Wachstum mehr.

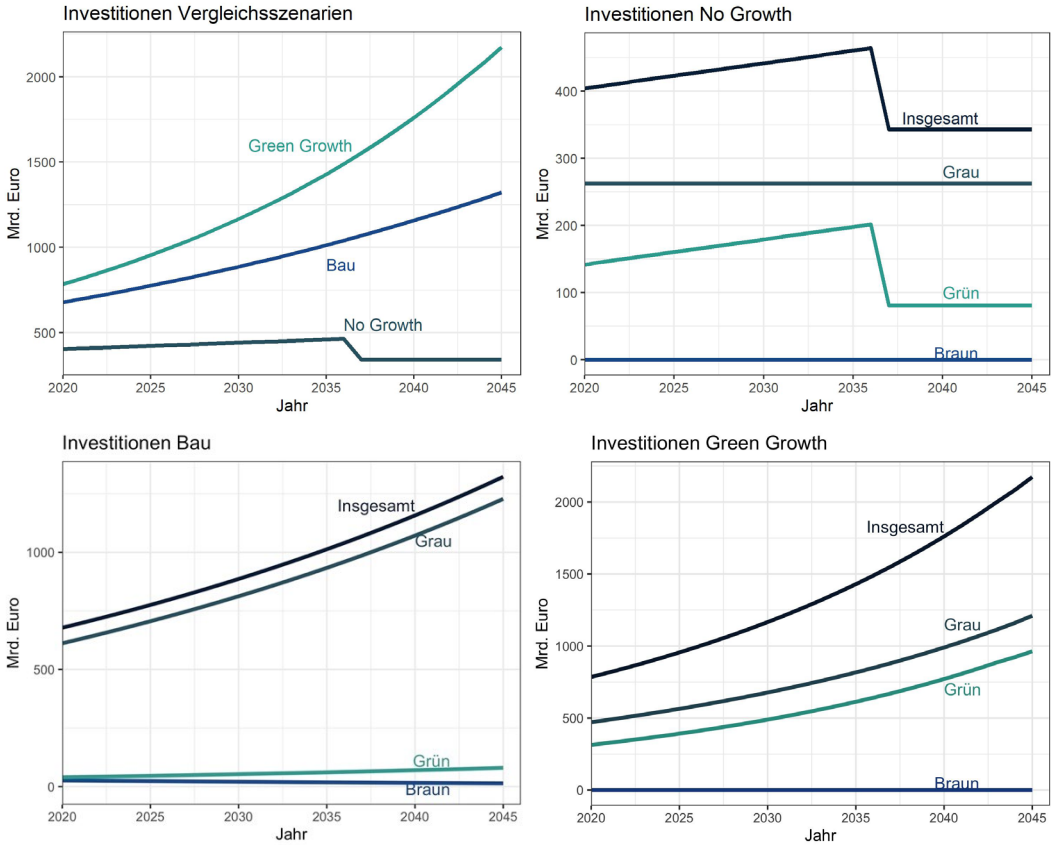


Abbildung 8: Bruttoinvestitionen

Betrachtet man die drei Szenarien im Detail, so wachsen im Bau-Szenario (unten links in Abbildung 8) die grauen und grünen Investitionen mit einer konstanten Rate, bedingt durch die konstanten σ. Bei den braunen Investitionen nehmen wir hingegen an, dass diese auch im Bau-Szenario stetig kleiner werden. In den beiden "grünen" Szenarien entfallen braune Investitionen ab dem ersten Simulationsjahr. Während im Green Growth-Szenario (unten rechts in der Abbildung 8) die grünen Investitionen zusammen mit den grauen Investitionen stetig wachsen – und dies deutlich stärker als in den anderen Szenarien – verharren die grauen Investitionen im No Growth-Szenario (oben rechts in Abbildung 8) auf dem selben Niveau. Die grünen Investitionen haben - wie bereits erläutert - einen Wachstumstrend bis zu dem Zeitpunkt, zu dem Klimaneutralität herrscht (2038). Da wir uns ab dem Zeitpunkt auch in den grünen Märkten in einem No Growth-Szenario befinden, gibt es keine Zunahme an Investitionen ab 2038.

Kapitalstock

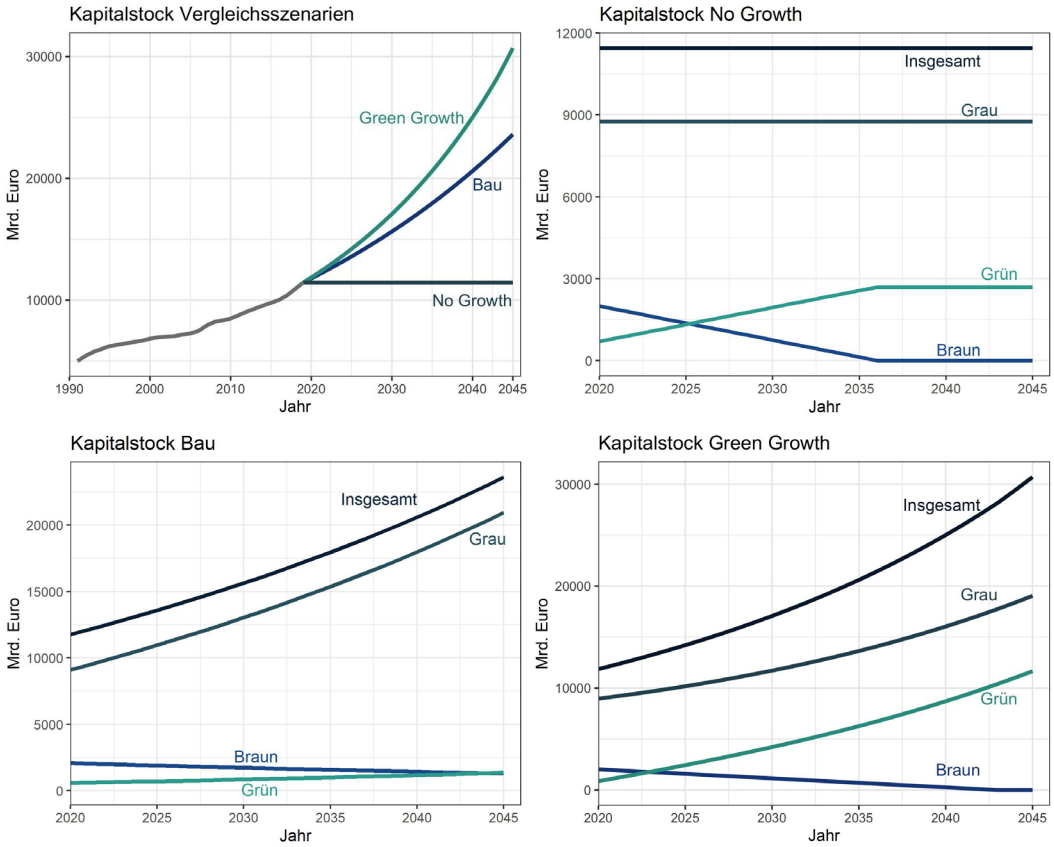


Abbildung 9: Kapitalstock

Wie oben gezeigt, ist die Entwicklung des Kapitalstocks abhängig von der Abschreibungsrate und den jeweiligen Investitionen. Das Stilllegen des braunen Kapitalstocks wird durch den exogenen Abschreibungsparameter δ gewährleistet und ist für den grauen und grünen Kapitalstock konstant in allen Szenarien. Die Abschreibung des braunen Kapitalstocks variiert zwischen den Szenarien: Während sie beim braunen Kapitalstock konstant bei 3% liegt, verändert sie sich beim Green Growth und No Growth-Szenario entsprechend dem vorgegebenen Klimaneutralitätsziel.

Im Green Growth-Szenario wächst der Gesamtkapitalstock stärker als im Bau-Szenario (unten rechts in Abbildung 9). Nicht weiter verwunderlich verzeichnet der Gesamtkapitaltstock im No Growth-Szenario ein Nullwachstum. Im Bau-Szenario (unten links in Abbildung 9) wächst der graue Kapitalstock mit einer konstanten Rate. Der braune Kapitalstock wird hingegen zunehmend durch den grünen verdrängt, sodass der Anteil beider Kapitalstöcke am Gesamtkapitalstock am Ende des Betrachtungszeitraums gleich groß ist. Das Green Growth-Szenario (unten rechts in Abbildung 9) zeigt einen wachsenden grauen Kapitalstock, der allerdings weniger stark wächst als der grüne. Entsprechend verschieben sich die jeweiligen Anteile am Gesamtkapitalstock während

des Betrachtungszeitraums. Der braune Kapitalstock wird kontinuierlich stillgelegt (und durch grünen ersetzt), sodass er im Jahr 2045 vollständig verschwunden ist. Im No Growth-Szenario (oben rechts in Abbildung 9) ist der braune Kapitalstock bereits im Jahr 2038 vollständig stillgelegt und durch den grünen Kapitalstock ersetzt worden. Dadurch wächst der grüne Kapitalstock bis zu diesem Zeitpunkt. Danach verzeichnet auch er, genau wie der graue Kapitalstock, über den gesamten Betrachtungszeitraum ein Nullwachstum.

BIP und CO_2-Emissionen

Das BIP in unserem Modell ist abhängig von der Entwicklung des Gesamtkapitalstocks (und dieser wiederum von den Investitionen). Entsprechend fallen die von uns ermittelten BIP-Verläufe der drei Szenarien aus: Während es kein Wirtschaftswachstum in No Growth-Szenario gibt, entwickelt sich die Wirtschaft im Green Growth-Szenario stärker als im Bau-Szenario (siehe Abbildung 10). So ist das BIP im Green Growth-Szenario am Ende unseres Betrachtungszeitraums 1,55-mal höher als im Jahr 2019. Im Bau-Szenario ist das BIP im Jahr 2045 doppelt so hoch wie im Jahr 2019.

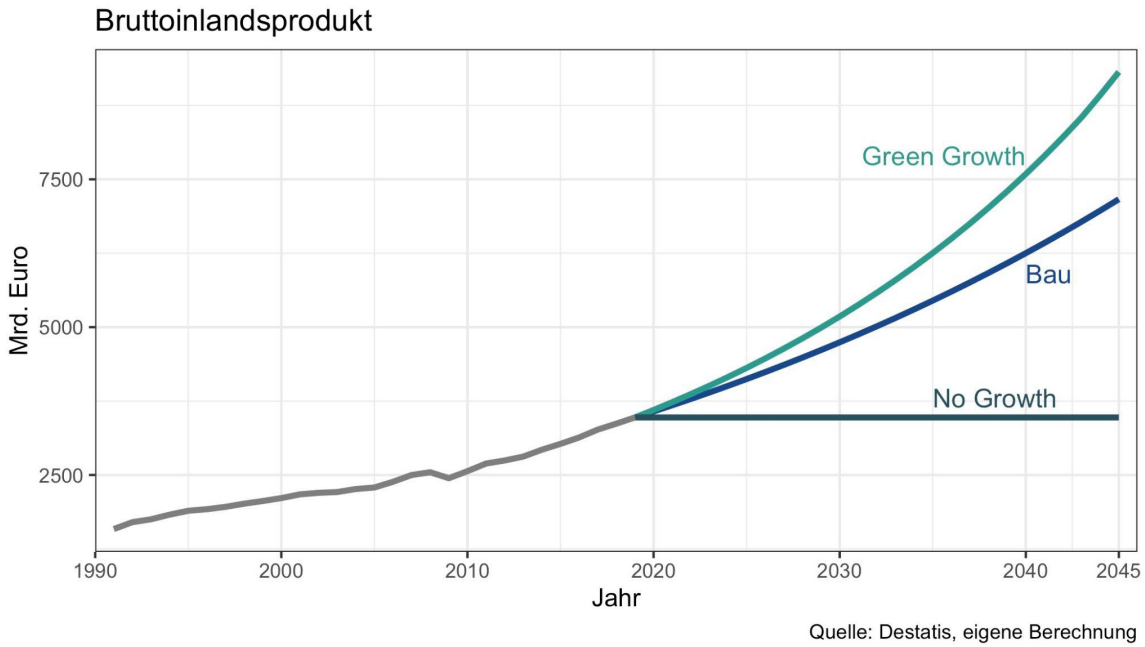


Abbildung 10: Bruttoinlandsprodukt

Abbildung 11 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Projektionszeitraum. Die THG-Emissionen sind abhängig von der Entwicklung des braunen Kapitalstocks. Zugleich ist die Zielmarke der Klimaneutralität in den “grünen” Szenarien der Orientierungspunkt für das Stilllegen des braunen Kapitalstocks. So muss die Stilllegungsrate im Green Growth- und im No Growth-Szenario so gewählt werden, dass auch tatsächlich Klimaneutralität in 2038 bzw. 2045 erreicht werden kann. Vor

diesem Hintergrund fallen die Emissionen im No Growth-Szenario linear und kontinuierlich bis zum Jahr 2038, im Green Growth-Szenario bis 2045. Im Bau-Szenario folgt die THG-Minderung dem historischen Verlauf. Hier nehmen wir an, dass der braune Kapitalstock ebenfalls kontinuierlich stillgelegt wird - allerdings mit deutlich geringerer Geschwindigkeit. Somit verfehlt das Bau-Szenario die von der Bundesregierung selbst gesteckten Ziele deutlich.

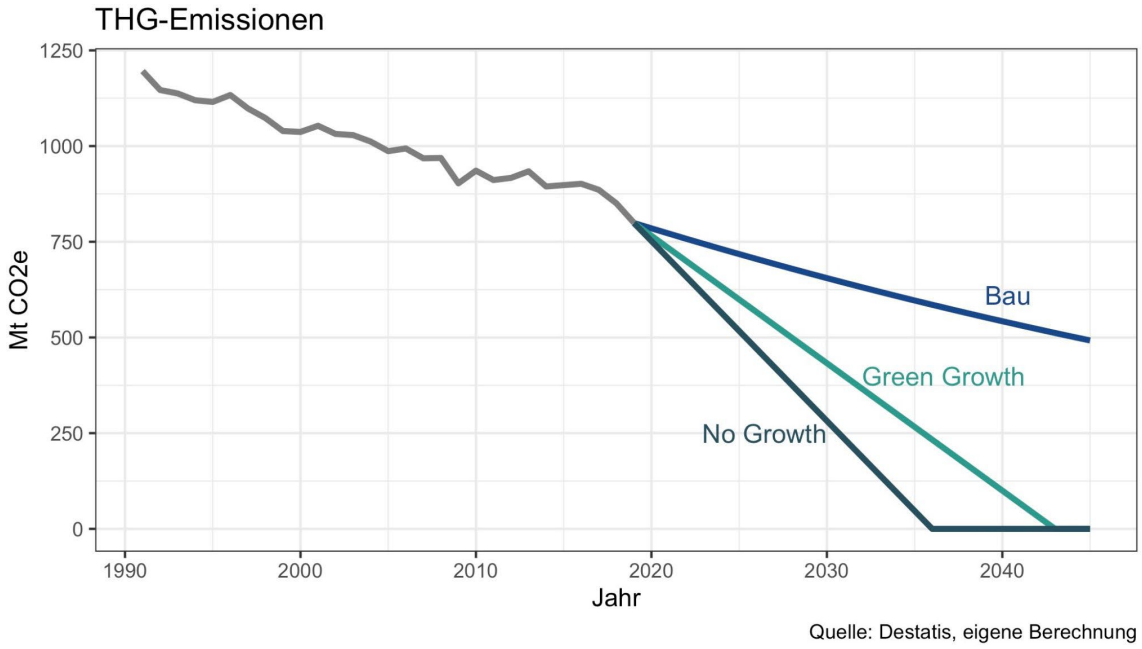


Abbildung 11: Treibhausgasemissionen Deutschland in Megatonnen CO_2e historisch und Szenarien

2.3 Die Schlüsselrolle öffentlicher Investitionen

Die Herausforderungen einer Dekarbonisierung und die Umsetzung der Energiewende betreffen auf den ersten Blick die Anpassung von Produktionsprozessen und Konsumstrukturen. Beide hängen jedoch wesentlich von der Struktur des Kapitalstocks ab, da dieser sich historisch so entwickelt hat, dass Treibhausgasemissionen durch die Verbrennung fossiler Energieträger unvermeidbar sind. Der gesellschaftliche Kapitalstock soll nun so umstrukturiert werden, dass fossile Energieträger zugunsten Erneuerbarer Energien entfallen. Das betrifft natürlich die Erzeugung wirtschaftlich nutzbarer Energie, aber eben auch deren Speicherung und Verwendung. Diese Transformation des Kapitalstocks kann durch unterschiedliche Wachstumsraten für braunes, grünes und graues Kapital - und davon abhängig für den Kapitalstock insgesamt - dargestellt werden (vgl. Abschnitt 2.2).

Auch wenn sich diese Wachstumsraten in den drei betrachteten Szenarien unterscheiden, finden in allen notwendigerweise umfangreiche Investitionen in den grünen Kapitalstock statt. Es stellt sich nun die Frage, wie es zu diesen Investitionen kommen kann. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Investitionen einschließlich deren Wechselwirkungen. Wir betrachten an dieser Stelle exemplarisch die jeweiligen Investitionen im Green Growth-Szenario. Abbildung 12 stellt die staatlichen und privaten Kapitalstöcke zu realen Preisen dar. Dabei findet ein Abbau des braunen Kapitals bei einem noch größeren Aufbau des grünen Kapitalstocks statt, während auch der graue Kapitalstock weiter ausgebaut wird.

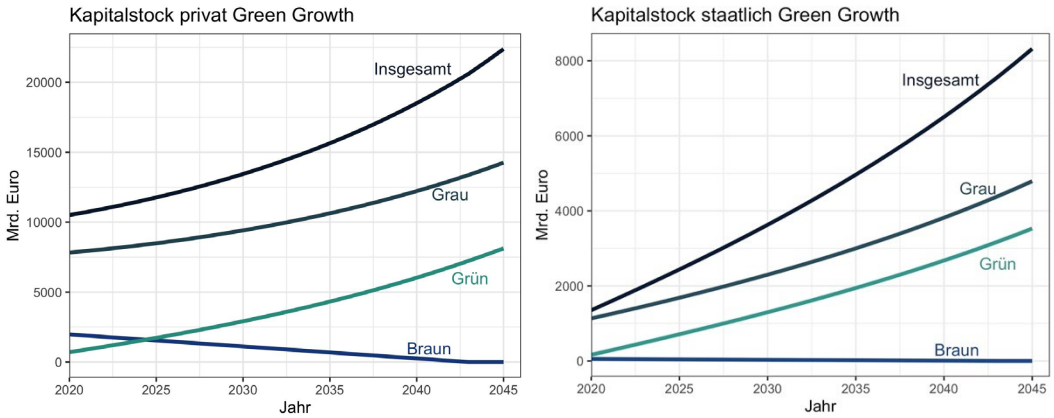


Abbildung 12: Kapitalstöcke Green Growth - staatlich und privat

Obwohl ein großer Teil des Umbaus des Kapitalstocks im privaten Sektor stattfindet, spielen die öffentlichen grünen Investitionen eine zentrale Rolle und sind mit wichtigen Effekten weit über ihr eigenes Volumen hinaus verbunden.

Die Regierung kann durch vielerlei Maßnahmen grüne Investitionen des privaten Sektors anregen und zum Teil erzwingen. Dazu gehören staatliche Forschung und Entwicklung, ordnungsrechtliche Maßnahmen, Subventionen, die Bereitstellung geeigneter Infrastruktur, die Implementierung von einem, wenn nicht gar mehreren CO_2-Preisen, staatliche Nachfrage nach relevanten Produkten und vieles mehr. Keine dieser Maßnahmen würde im Alleingang genügen und auch in der Kombination können sie nicht alle Unwägbarkeiten ausräumen.[4]

Ein entscheidender Faktor für ein größeres Aufkommen privater Investitionen sind in vielen Fällen staatliche Investitionen. Sie haben den positiven Effekt, dass sie Unsicherheit reduzieren, effektive Nachfrage bewirken und zugleich ein positives Investitionsklima schaffen. Klimawende und Dekarbonisierung sind mit enormen

[4] Hier ist nicht der Ort, um Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Maßnahmen, die unter dem Begriff CO_2-Preis zusammengefasst werden, zu analysieren. Dazu müssten die relevante Zeitskala und die "Animal Spirits" der Investor:innen von Fall zu Fall immer wieder neu berücksichtigt werden.

Unsicherheiten über die technische und gesellschaftliche Entwicklung verbunden. Dies ist deshalb so wichtig, da die Investitionstätigkeiten - sowohl privat als auch öffentlich - zu großen Teilen von Zukunftserwartungen beeinflusst werden. Wie beschrieben kann auch im Green Growth-Szenario die öffentliche Hand schwer alle nötigen Investitionen selbst durchführen. Hier können und müssen öffentliche Investitionen als Signale zusätzliche private Investitionen fördern.

Zugleich geht es auch darum, ein Investitionsklima zu schaffen, welches über die Anpassung des Kapitalstocks hinaus einen Beitrag zur Erschließung und Etablierung neuer Märkte im In- und Ausland leistet. Ganz im Sinne von Keynes können private Investor:innen entsprechende Entscheidungen für grünes Kapital durch zukunftsorientierte “Animal Spirits” treffen. Eine besonders vielversprechende Rolle zur Finanzierung und Wirksamkeit öffentlicher Investitionen spielen insbesondere Investitionsgesellschaften, welche historisch bereits mehrfach ihre Eignung zur Umsetzung wichtiger Zukunftsinvestitionen bewiesen haben (Jaeger et al., 2021).

Eine sozialökologische Transformation muss darüber hinaus nicht nur ökologisch effizient sein, sondern auch sozialen Standards von Fairness genügen. Im Hinblick auf soziale Gerechtigkeit sind öffentliche Investitionen besonders wichtig. Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Sektoren in unterschiedlicher Art und in unterschiedlichem Umfang von der Dekarbonisierung betroffen sind. Entsprechend unterscheidet sich auch die regionale Wirkung je nach Struktur der vorhandenen Industrie und führt zu verschiedenen Herausforderungen. Zu nennen sind hier beispielsweise die Lausitz oder die Ruhr-Region, wo zur Zeit etwa 20.000 Arbeitsplätze im Braunkohlebergbau vom Wandel kurzfristig bedroht sind (Hermann et al., 2018). Investitionen sind hier nicht nur in Ersatzindustrien nötig, sondern zu einem großen Ausmaß auch in Infrastrukturen zur Aus- und Weiterbildung. Größtenteils betrifft dies den grauen Anteil des öffentlichen Kapitalstocks. Es ist unplausibel anzunehmen, dass private Investitionen den bestehenden Kapitalstock auch in diesen Regionen in gleichen Maßen und noch darüber hinaus in der nötigen Geschwindigkeit verändern werden, um einen Verlust von Arbeitsplätzen und regionalen Zukunftsperspektiven insgesamt verhindern zu können. Dadurch herrscht hier besonders großer Bedarf an grünen und grauen öffentlichen Investitionen.

Der im Green Growth-Szenario angenommene, steigende öffentliche Kapitalstock (sowohl grün als auch grau) erhöht darüber hinaus, zusammen mit den zum Teil durch ihn induzierten Privatinvestitionen, die wirtschaftlichen Kapazitäten der Gesamtwirtschaft und kann damit einen Beitrag dazu leisten, auch für Regionen mit geringem BIP pro Kopf eine wirtschaftlich und sozial attraktive Perspektive zu eröffnen.

3 Ausblick

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung war die Frage, ob eine Dekarbonisierung der Wirtschaft in drei Jahrzehnten und weniger verlangt, dass wir uns vom wirtschaftlichen Wachstum verabschieden. Dass ein gutes Leben jenseits des Wirtschaftswachstums eines Tages möglich und vielleicht erstrebenswert werden kann, ist keineswegs ausgeschlossen. Dazu müssten aber zuerst die Ungleichheiten, die gegenwärtig im nationalen und globalen Rahmen herrschen, behoben werden und das wird, wenn überhaupt, nicht in wenigen Jahren geschehen.

Für das Ziel der Dekarbonisierung ist aber nicht die Höhe des Wirtschaftswachstums entscheidend, sondern seine Richtung. Der heute existierende gesellschaftliche Kapitalstock ist zu einem großen Teil untrennbar mit der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas verbunden. Es geht also darum, dieses “braune” Kapital durch “grünes” Kapital zu ersetzen und eben dadurch das unterschiedlich verwendbare “graue” Kapital einer grünen Verwendung zuzuführen. Das ist mit wirtschaftlichem Wachstum nicht nur vereinbar, es kann dieses durchaus beschleunigen. Denn die entscheidende Triebkraft für die Umstrukturierung des gesellschaftlichen Kapitalstocks ist ein Investitionsschub in Richtung des grünen Kapitalstocks.

Investor:innen fällen ihre Entscheidungen oft in Situationen tiefer Unsicherheit. Das sind Situationen, in denen mit überraschenden Entwicklungen zu rechnen ist, ohne dass diese Entwicklungen im Voraus benannt werden können. Und es sind Situationen, in denen es nicht möglich ist, die eigenen Entscheidungsoptionen zu überblicken. Unter solchen Umständen ist es weder möglich, Entscheide auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen abzustützen, noch eine denkbare Entscheidung als optimal zu identifizieren. Auch Investor:innen mit viel Erfahrung werden deshalb oft intuitiv und auch willkürlich entscheiden, wohl wissend, dass die Ergebnisse von ähnlich schwach begründbaren Entscheiden anderer Akteure abhängen. Ein Umlenken großer privater Investitionsströme von braunen zu grünen Investitionen lässt sich deshalb mit politischen Mitteln nur begrenzt steuern, um so mehr als relevante Investor:innen Handlungsoptionen in globalen Märkten zur Verfügung haben, die nicht von einer Regierung kontrollierbar sind.

Die unausweichliche Unsicherheit, mit denen private Investor:innen - seien sie natürliche oder juristische Personen - im Hinblick auf Perspektiven der Dekarbonisierung konfrontiert sind, ist ein wichtiger Grund für die Bedeutung öffentlicher Investitionen. Denn wenn die öffentliche Hand konsistent und in großem Maßstab in den Ausbau des grünen Kapitalstocks investiert, können private Investor:innen davon ausgehen, dass zukünftige politische Maßnahmen im Zweifelsfall in dieselbe Richtung gehen werden. Dadurch kann

eine Koordination der Erwartungen einer wachsenden Zahl relevanter Investor:innen in Richtung grüner Investitionen gefördert werden. Wie im vorangehenden Abschnitt dargelegt, sind grüne Investitionen der öffentlichen Hand unerlässlich, um Infrastrukturen, die für die sozialökologische Transformation erforderlich sind, bereitzustellen, und erst recht, um zu gewährleisten, dass die Dekarbonisierung als eine durch Solidarität und Fairness charakterisierte “just transition” realisiert wird.

Allerdings bleiben auch staatliche Organe, die Investitionsentscheide treffen, nicht von tiefer Unsicherheit verschont. Die Neigung, eine Sicherheit, für die die Grundlagen nicht gegeben sind, zu beanspruchen, ist verständlich, aber nicht unbedingt die beste Strategie. Verantwortung für Entscheide und deren Implementation zu übernehmen ist auch dann möglich, wenn die Entscheide angesichts tiefer Unsicherheit getroffen werden. Wichtig ist dabei, die langfristige Perspektive der Ersetzung des gegebenen braunen Kapitalstocks durch einen zu entwickelnden grünen so zu verfolgen, dass Weichen für die nähere Zukunft entschieden gestellt werden, aber ohne Spielräume zur Bewältigung unvorhersehbarer und unvermeidbarer Überraschungen vorschnell preiszugeben. In der Literatur zu strategischen Entscheidungen hat sich dafür der Begriff der Robust Action eingebürgert, der auch explizit auf die Implementierung von Klimapolitik bezogen wird.[5]

Mit einem solchen Vorgehen kann die Frage nach einer Postwachstumsgesellschaft als langfristige Möglichkeit sachlich untersucht und offen diskutiert werden, während die Richtung des aktuellen Wirtschaftswachstums entschlossen von der Orientierung am überlieferten braunen Kapitalstock weg und hin zum Aufbau eines innovativen grünen Kapitalstocks verlagert wird. Den öffentlichen Investitionen kommt dabei die wesentliche Rolle zu, richtungsweisende Signale zu geben, private Investitionen in dieselbe Richtung zu erleichtern und sicherzustellen, dass die sozialökologische Transformation als solidarische Aufgabe erfahren und gestaltet wird.

[5] siehe dazu Ferraro et al. (2015) und Etzion et al. (2017).

Literaturverzeichnis

Attanasio, O.P., 2015. Frank Ramsey's a Mathematical Theory of Saving. Econ. J. 125, 269–294. https://doi.org/10.1111/ecoj.12229

Dafermos, Y., Nikolaidi, M., 2019. Stock-flow consistent modelling and ecological macroeconomics.

Dafermos, Y., Nikolaidi, M., Galanis, G., 2018. Climate Change, Financial Stability and Monetary Policy. Ecol. Econ. 152, 219–234. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.011

Daly, H.E., 1973. Toward a steady-state economy. W. H. Freeman, San Francisco.

Ehlerding, S., 2022. „Wir müssen Dinge messen, die wirklich etwas bedeuten". Tagesspiegel Backgr. Energ. Klima.

Etzion, D., Gehman, J., Ferraro, F., Avidan, M., 2017. Unleashing sustainability transformations through robust action. J. Clean. Prod. 140, 167–178. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.064

Ferraro, F., Etzion, D., Gehman, J., 2015. Tackling Grand Challenges Pragmatically: Robust Action Revisited. Organ. Stud. 36, 363–390. https://doi.org/10.1177/0170840614563742

Grinin, L., Korotaev, A.V., Goldstone, J.A., 2015. Great divergence and great convergence: a global perspective, International perspectives on social policy, administration, and practice. Springer, Cham Heidelberg.

Guéant, O., Lasry, J.-M., Lions, P.-L., 2011. Mean Field Games and Applications, in: Paris-Princeton Lectures on Mathematical Finance 2010, Lecture Notes in Mathematics. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 205–266. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14660-2_3

Hermann, H., Schumacher, K., Förster, H., 2018. Beschäftigungsentwicklung in der Braunkohleindustrie: Status quo und Projektion. Umweltbundesamt 34.

Jackson, T., 2017. Wohlstand ohne Wachstum - das Update: Grundlagen für eine zukunftsfähige Wirtschaft, Deutsche Erstausgabe. ed. oekom, München.

Jackson, T., Victor, P.A., 2020. The Transition to a Sustainable Prosperity – A Stock-Flow-Consistent Ecological Macroeconomic Model for Canada. Ecol. Econ. 177, 106787. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106787

Jaeger, C.C., Haas, A., Teitge, J., 2021. Klima, Digitalisierung und Nachhaltigkeit: Zur Finanzierung öffentlicher Zukunftsinvestitionen 26.

Lilliestam, J., Patt, A., Bersalli, G., 2021. The effect of carbon pricing on technological change for full energy decarbonization: A review of empirical ex-post evidence. WIREs Clim. Change 12. https://doi.org/10.1002/wcc.681

Madsen, J.B., Mishra, V., Smyth, R., 2012. Is the output-capital ratio constant in the very long run? Manch. Sch. 80, 210–236. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2010.02222.x

Monasterolo, I., Raberto, M., 2019. The impact of phasing out fossil fuel subsidies on the low-carbon transition. Energy Policy 124, 355–370. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.051

Monasterolo, I., Raberto, M., 2018. The EIRIN Flow-of-funds Behavioural Model of Green Fiscal Policies and Green Sovereign Bonds. Ecol. Econ. 144, 228–243. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.07.029

Murau, S., Thie, J.-E., 2022. Für eine Ausstattung des Energie- und Klimafonds mit Kreditermächtigungen. Wirtschaftsdienst 102, 449–455. https://doi.org/10.1007/s10273-022-3215-3

Sandbag, 2022. Carbon Price Viewer. Sandbag Clim. Campaign. URL https://sandbag.be/index.php/carbon-price-viewer/ (accessed 7.5.22).

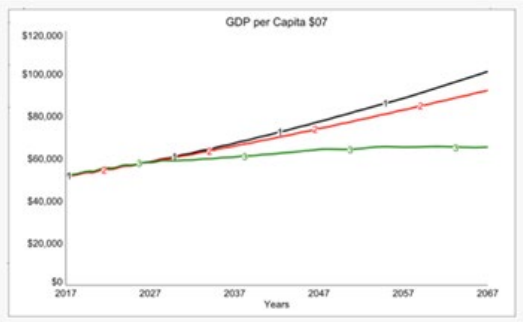
Thie, J.-E., 2021. Mythos 25 - Ein einheitlicher CO2-Preis allein schafft ausreichend Investitionsanreize für klimaneutrale Technologien. Steuermythen. URL https://steuermythen.de/mythen/mythos-25/ (accessed 7.5.22).

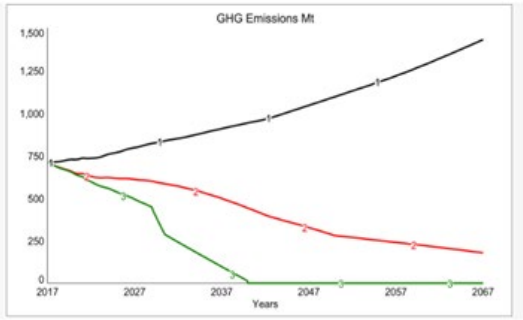
Anhang I

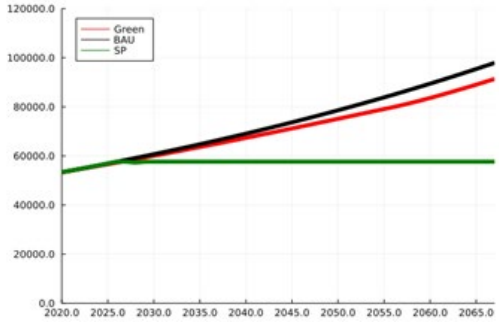
Die Dynamik des LowGrowSFC-Modells (Jackson and Victor, 2020) lässt sich durch ein niedriger-dimensionales System von Differenzengleichungen analysieren:

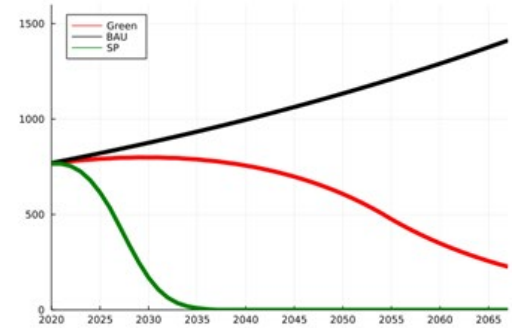
$$
\begin{aligned}
L_t &= {Y_{t-1}^e}/{\eta_{t-1}^e} \\
K_t^b &= K_{t-1}^b * \underline{\delta} * \theta_{t-1} + \left(\kappa * Y_{t-1}^e - (K_{t-1}^b * \underline{\delta} * \theta_{t-1} + K_{t-1}^g * \underline{\delta}\right) * (1 - z_t) \\
K_t^g &= K_{t-1}^g * \underline{\delta} + \left(\kappa * Y_{t-1}^e - (K_{t-1}^b * \underline{\delta} * \theta_{t-1} + K_{t-1}^g * \underline{\delta}\right) * (z_t * v) \\
K_t &= K_t^b + K_t^g \\
\eta_t &= \eta_{t-1} * (\alpha + \beta * \left(\frac{K_t}{K_{t-1}} - 1\right)) \\
Y_t &= L_t * \eta_t \\
Y_t^e &= Y_t * ({Y_t}/{Y_{t-1}}) \\
\eta_t^e &= \eta_t * ({\eta_t}/{\eta_{t-1}}) \\
GHG_t &= \phi * K_t^b
\end{aligned}
$$

LowGrowSFC (links); eigene Berechnung anhand Differenzengleichungsmodell (rechts):









Anhang II

Initiale Kapitalverteilung:

Kapital	Privat	Staatlich
Braun	0.2	0.05
Grün	0.05	0.05
Grau	0.75	0.9

Konstante und Startwerte:

$$K_0 = 11444$$
$$I_0 = 769$$
$$Y_0 = 3473$$
$$\kappa = 0.303477$$
$$\epsilon = 0.37742$$
$$\alpha = 0.4129$$
$$\beta = 0.5964$$

Sigma und Delta Bau:

Jahr	Szenario	σ_gov_grau	σ_priv_grün	σ_priv_brau	σ_priv_grau	δ_gov_grün	δ_gov_braui	δ_gov_grau	δ_priv_grün	δ_priv_brau	δ_priv_grau
2020	Bau	0,0207	0,0104	0,0073	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2021	Bau	0,0207	0,0104	0,0069	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2022	Bau	0,0207	0,0104	0,0066	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2023	Bau	0,0207	0,0104	0,0062	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2024	Bau	0,0207	0,0104	0,0059	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2025	Bau	0,0207	0,0104	0,0056	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2026	Bau	0,0207	0,0104	0,0053	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2027	Bau	0,0207	0,0104	0,005	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2028	Bau	0,0207	0,0104	0,0048	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2029	Bau	0,0207	0,0104	0,0045	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2030	Bau	0,0207	0,0104	0,0043	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2031	Bau	0,0207	0,0104	0,0041	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2032	Bau	0,0207	0,0104	0,0039	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2033	Bau	0,0207	0,0104	0,0037	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2034	Bau	0,0207	0,0104	0,0035	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2035	Bau	0,0207	0,0104	0,0033	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2036	Bau	0,0207	0,0104	0,0031	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2037	Bau	0,0207	0,0104	0,003	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2038	Bau	0,0207	0,0104	0,0028	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2039	Bau	0,0207	0,0104	0,0027	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2040	Bau	0,0207	0,0104	0,0025	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2041	Bau	0,0207	0,0104	0,0024	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2042	Bau	0,0207	0,0104	0,0023	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2043	Bau	0,0207	0,0104	0,0022	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2044	Bau	0,0207	0,0104	0,0021	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2045	Bau	0,0207	0,0104	0,0019	0,1554	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Sigma und Delta No Growth:

Jahr	Szenario	σ_gov_grau	σ_priv_grün	σ_priv_brau	σ_priv_grau	δ_gov_grün	δ_gov_braun	δ_gov_grau	δ_priv_grün	δ_priv_brau	δ_priv_grau
2020	NoGrowth	0,0089	0,0393	0	0,0667	0,03	0,0588	0,03	0,03	0,0588	0,03
2021	NoGrowth	0,0089	0,0404	0	0,0667	0,03	0,0625	0,03	0,03	0,0625	0,03
2022	NoGrowth	0,0089	0,0414	0	0,0667	0,03	0,0667	0,03	0,03	0,0667	0,03
2023	NoGrowth	0,0089	0,0425	0	0,0667	0,03	0,0714	0,03	0,03	0,0714	0,03
2024	NoGrowth	0,0089	0,0435	0	0,0667	0,03	0,0769	0,03	0,03	0,0769	0,03
2025	NoGrowth	0,0089	0,0446	0	0,0667	0,03	0,0833	0,03	0,03	0,0833	0,03
2026	NoGrowth	0,0089	0,0456	0	0,0667	0,03	0,0909	0,03	0,03	0,0909	0,03
2027	NoGrowth	0,0089	0,0467	0	0,0667	0,03	0,1	0,03	0,03	0,1	0,03
2028	NoGrowth	0,0089	0,0477	0	0,0667	0,03	0,1111	0,03	0,03	0,1111	0,03
2029	NoGrowth	0,0089	0,0488	0	0,0667	0,03	0,125	0,03	0,03	0,125	0,03
2030	NoGrowth	0,0089	0,0498	0	0,0667	0,03	0,1429	0,03	0,03	0,1429	0,03
2031	NoGrowth	0,0089	0,0509	0	0,0667	0,03	0,1667	0,03	0,03	0,1667	0,03
2032	NoGrowth	0,0089	0,0519	0	0,0667	0,03	0,2	0,03	0,03	0,2	0,03
2033	NoGrowth	0,0089	0,0529	0	0,0667	0,03	0,25	0,03	0,03	0,25	0,03
2034	NoGrowth	0,0089	0,054	0	0,0667	0,03	0,3333	0,03	0,03	0,3333	0,03
2035	NoGrowth	0,0089	0,055	0	0,0667	0,03	0,5	0,03	0,03	0,5	0,03
2036	NoGrowth	0,0089	0,0561	0	0,0667	0,03	1	0,03	0,03	1	0,03
2037	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2038	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2039	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2040	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2041	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2042	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2043	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2044	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03
2045	NoGrowth	0,0089	0,0222	0	0,0667	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03

Sigma und Delta Green Growth:

Jahr	Szenario	σ_gov_grau	σ_priv_grün	σ_priv_brau	σ_priv_grau	δ_gov_grün	δ_gov_braun	δ_gov_grau	δ_priv_grün	δ_priv_brau	δ_priv_grau
2020	GreenGrowth	0,0389	0,0592	0	0,0967	0,03	0,0417	0,03	0,03	0,0417	0,03
2021	GreenGrowth	0,0389	0,0599	0	0,0967	0,03	0,0435	0,03	0,03	0,0435	0,03
2022	GreenGrowth	0,0389	0,0606	0	0,0967	0,03	0,0455	0,03	0,03	0,0455	0,03
2023	GreenGrowth	0,0389	0,0614	0	0,0967	0,03	0,0476	0,03	0,03	0,0476	0,03
2024	GreenGrowth	0,0389	0,0621	0	0,0967	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03
2025	GreenGrowth	0,0389	0,0629	0	0,0967	0,03	0,0526	0,03	0,03	0,0526	0,03
2026	GreenGrowth	0,0389	0,0636	0	0,0967	0,03	0,0556	0,03	0,03	0,0556	0,03
2027	GreenGrowth	0,0389	0,0644	0	0,0967	0,03	0,0588	0,03	0,03	0,0588	0,03
2028	GreenGrowth	0,0389	0,0651	0	0,0967	0,03	0,0625	0,03	0,03	0,0625	0,03
2029	GreenGrowth	0,0389	0,0658	0	0,0967	0,03	0,0667	0,03	0,03	0,0667	0,03
2030	GreenGrowth	0,0389	0,0666	0	0,0967	0,03	0,0714	0,03	0,03	0,0714	0,03
2031	GreenGrowth	0,0389	0,0673	0	0,0967	0,03	0,0769	0,03	0,03	0,0769	0,03
2032	GreenGrowth	0,0389	0,0681	0	0,0967	0,03	0,0833	0,03	0,03	0,0833	0,03
2033	GreenGrowth	0,0389	0,0688	0	0,0967	0,03	0,0909	0,03	0,03	0,0909	0,03
2034	GreenGrowth	0,0389	0,0695	0	0,0967	0,03	0,1	0,03	0,03	0,1	0,03
2035	GreenGrowth	0,0389	0,0703	0	0,0967	0,03	0,1111	0,03	0,03	0,1111	0,03
2036	GreenGrowth	0,0389	0,071	0	0,0967	0,03	0,125	0,03	0,03	0,125	0,03
2037	GreenGrowth	0,0389	0,0718	0	0,0967	0,03	0,1429	0,03	0,03	0,1429	0,03
2038	GreenGrowth	0,0389	0,0725	0	0,0967	0,03	0,1667	0,03	0,03	0,1667	0,03
2039	GreenGrowth	0,0389	0,0732	0	0,0967	0,03	0,2	0,03	0,03	0,2	0,03
2040	GreenGrowth	0,0389	0,074	0	0,0967	0,03	0,25	0,03	0,03	0,25	0,03
2041	GreenGrowth	0,0389	0,0747	0	0,0967	0,03	0,3333	0,03	0,03	0,3333	0,03
2042	GreenGrowth	0,0389	0,0755	0	0,0967	0,03	0,5	0,03	0,03	0,5	0,03
2043	GreenGrowth	0,0389	0,0762	0	0,0967	0,03	1	0,03	0,03	1	0,03
2044	GreenGrowth	0,0389	0,0762	0	0,0967	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2045	GreenGrowth	0,0389	0,0762	0	0,0967	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Impressum

Herausgeber
Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) der Hans-Böckler-Stiftung, Georg-Glock-Str. 18, 40474 Düsseldorf, Telefon +49 211 7778-312, Mail imk-publikationen@boeckler.de

Die Reihe „IMK Studies“ ist als unregelmäßig erscheinende Online-Publikation erhältlich über: https://www.boeckler.de/imk_5023.htm

Die in diesem Papier geäußerten Standpunkte stimmen nicht unbedingt mit denen des IMK oder der Hans-Böckler-Stiftung überein.

ISSN 1861-2180

Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Lizenz: *Namensnennung 4.0 International* (CC BY).

Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell.
Den vollständigen Lizenztext finden Sie hier: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de
Die Bedingungen der Creative Commons Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Abbildungen, Tabellen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.