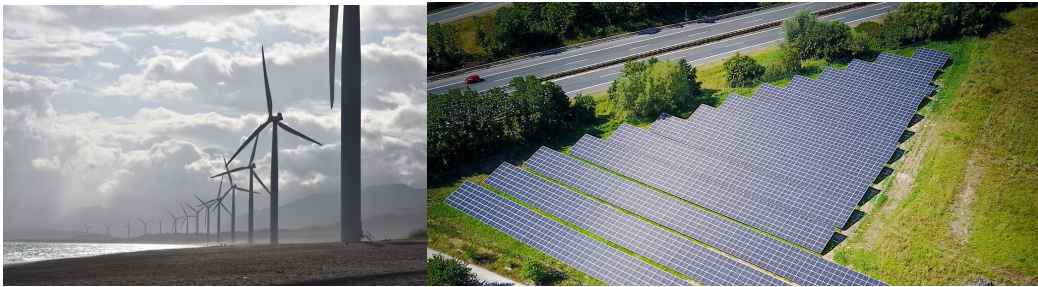


# Roadmap Klimaneutralität Deutschland

- einfach, sozial und wirtschaftlich –



**Dr. Hartmut Fischer**

Geschäftsführer

Leonardo da Vinci Ventures gUG

28. Dezember, 2022

## Mit der Roadmap ist Klimaneutralität gut und zügig erzielbar

Regierung und Bundestag haben beschlossen: **2045 ist Deutschland klimaneutral.**

**Auf dem bisherigen Wege wird Deutschland dieses Ziel nicht erreichen.** Das sagt auch der Expertenrat der Bundesregierung für Klimafragen. Hemmnisse sind:

- In Politik, Medien und Gesellschaft ist oft noch die Wahrnehmung, dass der Weg zur Klimaneutralität sehr teuer ist und im **Spannungsfeld mit anderen Hauptzielen** wie sozialer Gerechtigkeit (SPD), ausgeglichenem Haushalt (FPD) und einem wettbewerbsfähigen Standort Deutschland (CDU) steht.
- Der Bund verfolgt **unübersichtlich viele** und erkennbar noch **nicht ausreichende Maßnahmen**. Er hat noch keinen konkreten und verabschiedeten Plan, wie Klimaneutralität zuverlässig und vollständig zu erreichen ist.
- Es ist noch **offen, wer** bei der Klimawende **wann wieviel der Lasten tragen wird**. Das fördert Bedenken und Zurückhaltung, bremst Entscheidungen und Umsetzung.

Mit der Roadmap Klimaneutralität sind diese Hemmnisse überwindbar. Neu an ihr ist:

- Die **Spannungsfelder sind auflösbar**: anders als landläufig vermutet, kann Deutschland die Klimawende zugleich sozial, rentabel und haushaltneutral gestalten
- **Klimaneutralität ist mit nur 12 Kernmaßnahmen erzielbar**, die relativ einfach zu verstehen und umzusetzen sind. Die Lösungen sind bekannt, aber neu ausgestaltet.
- Die Klimawende ist **bis zur Klimaneutralität konkret und vollständig durchgerechnet**, mit Investitionen und Einsparungen inkl. bei wem davon wieviel anfällt.

Konkret bedeutet das: **die Klimawende ist** mit den Kernmaßnahmen der Roadmap

- **volkswirtschaftlich rentabel**: Die Gesamt-Investition von 2.813 Mrd. € erzielt Einsparungen von 239 Mrd. €/a und hat damit eine gute Rendite von 8,5%.
- **einzelwirtschaftlich rentabel**: Bürger, Unternehmen und Energieerzeuger sparen und verdienen damit jeweils mehr als sie dafür ausgeben.
- **sozial ausgewogen**: die Roadmap entlastet untere Einkommen um 28% ihrer Energiekosten und 3% ihrer Lebenshaltungskosten - und stärker als obere Einkommen.
- ein **starkes Konjunkturprogramm**: Das Bruttoinlandsprodukt steigt bis und nach 2045 um gut 2,5%. Das schafft bis zu einer Million zusätzliche Arbeitsplätze oder vergleichbaren Wohlstand.
- **haushaltsneutral**: Die öffentlichen Haushalte werden bis zur Klimaneutralität um 9 Mrd. €/a und danach um 43 Mrd. €/a entlastet.

**Dabei entsteht ein Deutschland, das**

- **seine Klimaziele erreicht** und damit wichtige Impulse für die EU setzt, dem global drittgrößten CO<sub>2</sub>-Emittenten nach China und USA.
- **nicht mehr von Energieimporten** von Autokraten **abhängig ist**, sondern seine Energie kostengünstiger im eigenen Land produziert.
- dabei **mehr und gerechter verteilten Wohlstand schafft**.
- sich als globaler Leitmarkt für Klimatechnologie etabliert, was **den Standort Deutschland** für diese und die nächste Generation zusätzlich **stärkt**.

Diese Roadmap ist jetzt **für den politischen Entscheidungsprozess verfügbar**. Man kann und sollte sie dort mit Politik und Fachwelt weiterentwickeln und verabschieden – und sie dabei einfach, gut durchgerechnet und parteiübergreifend konsensfähig halten. Dann bildet die Roadmap eine **stabile Basis für die Klimawende**.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>KERNAUSSAGEN DER ROADMAP</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VERTIEFUNG DER KERNAUSSAGEN</b>	<b>7</b>
2.1	GRUNDLAGEN	8
2.2	KLIMANEUTRALE ENERGIEERZEUGUNG	11
2.3	KLIMANEUTRALER VERKEHR	20
2.4	KLIMANEUTRALE GEBÄUDEWÄRME	23
2.5	GESAMTEFFEKTE	27
2.5.1	CO2-EMISSIONEN	27
2.5.2	KONJUNKTUREFFEKTE	28
2.5.3	ARBEITSPLÄTZE	29
2.5.4	UNTERE EINKOMMEN	31
2.5.5	ÖFFENTLICHE HAUSHALTE	32
2.5.6	GESAMT-INVESTITIONEN UND -EFFEKTE	33
2.5.7	BEI ENERGIEPREISEN 2021	34
2.6	ABGLEICH MIT ANDEREN STUDIEN	34
<b>3</b>	<b>ABLEITUNG DER WERTE</b>	<b>38</b>
3.1	ENERGIEERZEUGUNG	38
3.2	VERKEHR	50
3.3	GEBÄUDEWÄRME	56
3.4	GESAMTEFFEKTE	62
<b>4</b>	<b>AUTOR</b>	<b>65</b>

## 1 Kernaussagen der Roadmap

### Ausgangssituation

Regierung und Bundestag haben am 24. Juni 2021 beschlossen: **Deutschland ist 2045 klimaneutral**. Wie der Ukrainekrieg zeigt, ist es zudem sicherheitspolitisch und aus Kostengründen geboten, von fossilen Energieträgern unabhängig zu sein.

**Auf dem bisherigen Weg wird Deutschland dieses Ziel nicht erreichen<sup>1</sup>**. Die Klimawende kommt noch zu langsam voran. Die zentralen Ursachen sind:

- Politik, Medien und Gesellschaft sehen den Weg zur **Klimaneutralität** noch zu oft als **sehr teuer** an und **im Spannungsfeld mit anderen Hauptzielen** wie sozialer Gerechtigkeit (Fokus der SPD), ausgeglichenem Haushalt (Fokus der FPD) und einem wettbewerbsfähigen Standort Deutschland (Fokus der CDU).
- Der Bund verfolgt unübersichtlich viele, insgesamt aber noch nicht ausreichende Maßnahmen. Er hat **noch keinen** konkreten, durchgerechneten und verabschiedeten **Plan, wie er Klimaneutralität vollständig erreichen will** und auf wen dabei welche Kosten und Nutzen zukommen.

Das fördert Bedenken und Zurückhalt, bremst Entscheidungen und Umsetzung.

Für eine so tiefgreifenden und zügigen Wandel ist **stattdessen ein breiter politisch-gesellschaftlicher Konsens mit einem klaren Fahrplan erforderlich**.

### Lösungsstrategie

Um einen breiten und stabilen politischen und gesellschaftlichen Konsens zum „Wie“ der Klimawende und eine zügige Umsetzung zu erzielen, muss der

- der wirtschaftliche Nutzen für viele hoch sein
- das Spannungsfeld zwischen Klimaneutralität und anderen gesellschaftlichen Zielen gering sein.
- der Aufwand für Mobilisierung und Durchführung überschaubar sein.

Die Klima-Maßnahmen sollten also nicht nur CO<sub>2</sub>-Emission glaubhaft in der Zeit auf null senken, sondern auch diese Anforderungen erfüllen:

- **wenige, verständliche und einfach umsetzbare Maßnahmen** – Bereits etablierte sowie einfach vermittel- und umsetzbare Maßnahmen stehen im Fokus. Genehmigungshürden und andere Hemmnisse werden gesenkt.
- **sozial** – untere Einkommensgruppen werden gegenüber dem Status Quo entlastet, prozentual mindestens so stark wie obere Einkommen (verteilungsneutral). Dabei werden Effizianzanreize erhalten, Energiepreise also nicht gesenkt.
- **rentabel** - Für die erforderlichen, massiven Investitionen ist vor allem privates Kapital erforderlich. Dazu sind die Kernmaßnahmen für private Haushalte und

---

<sup>1</sup> Seiten 2 und 3, [https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/11/ERK2022\\_Zweijahresgutachten.pdf](https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/11/ERK2022_Zweijahresgutachten.pdf)

Unternehmen weitgehend rentabel zu gestalten – bei Bedarf durch Zuschüsse, günstige Kredite oder Steuererleichterungen.

- **für öffentliche Haushalte finanzierbar** – Deren zusätzliche Verschuldung bleibt überschaubar und zeitlich begrenzt.
- **durchgerechnet** – Die Erfüllung der o.a. Anforderungen ist rechnerisch inkl. Annahmen und Quellen nachvollziehbar. Dabei ist transparent, wer bei der Klimawende wieviel zahlt und einspart.
- **mit Geboten flankiert** – Sollten die wirtschaftlichen Anreize im Einzelfall nicht ausreichen, greifen gesetzliche Vorgaben zur rechtzeitigen CO<sub>2</sub>-Reduktion.

Auf Basis dieser Lösungsstrategie sind **zwölf Kernmaßnahmen** erarbeitet und zu dieser „Roadmap Klimaneutralität“ zusammengefasst. Die Kernmaßnahmen sind inhaltlich nicht neu - aber **neu zusammengestellt und ausgestaltet**.

Neu ist auch, dass die **Effekte** in einem durchgängigen Modell in **Mengen und Euro bis zur Klimawende durchgerechnet und zugleich nach den Gruppen Energieverbraucher** (bei Privathaushalten zudem nach Einkommensgruppen), **Energieerzeuger und öffentliche Haushalte differenziert** sind.

Mit **Umsetzung der Roadmap** werden in Deutschland die Sektoren **Energieerzeugung, Industrie, Verkehr und Gebäudewärme klimaneutral**. Das senkt die deutschen Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emissionen um 90%.

## Ergebnisse

Mit dieser „Roadmap“ ist die **Klimawende** entgegen verbreiteter Erwartungen

- **für private Haushalte und Unternehmen** ganz überwiegend **rentabel**.
- **sozial ausgewogen**, da sie auch und gerade untere Einkommen entlastet.
- **für die öffentlichen Haushalte haushaltsneutral** („schwarze Null“) bis die Klimaneutralität erreicht ist und danach stark haushaltsentlastend.
- **ein massives Konjunkturprogramm**, das die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Deutschland über die nächsten Jahrzehnte stärkt - und kurzfristig einer Rezession in Folge des Ukrainekrieges entgegenwirkt.

Konkret zeigt die Berechnung, dass die Klimawende mit dieser Roadmap

- **Gesamt-Investitionen von 2.813 Mrd. €** erfordert, davon 1.874 Mrd. € zusätzliche und 938 Mrd. € umgelenkte Investitionen. Das ist viel, aber leistbar. Es entspricht verteilt über die Jahre bis 2045 zusätzlich etwa 10% des jährlichen Investitionsvolumens in Deutschland<sup>2</sup>.
- positive Effekte von 239 Mrd. €/a hat. Das ist eine attraktive **volkswirtschaftliche Rendite von 8,5%** auf die Gesamt-Investitionen.

---

<sup>2</sup> In 2021 lagen die Gesamtinvestitionen in Deutschland bei 839 Mrd. €. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161379/umfrage/entwicklung-der-bruttoinvestitionen-in-deutschland/>

- **private Haushalte** in allen Einkommensgruppen **entlastet** – und die **unteren Einkommensgruppen mit 28% der Energiekosten und 3% des Netto-Einkommens** anteilig stärker als die höheren Einkommen.
- **öffentliche Haushalte** während der Klimawende mit 9 Mrd. € pro Jahr spürbar und danach mit 43 Mrd. € pro Jahr stark **entlastet**.
- das Bruttoinlandsprodukt um gut 2,5% steigert und dauerhaft 1,1 Million zusätzliche Arbeitsplätze oder entsprechenden Wohlstandszuwachs schafft.

Wegen dieser Effekte ist es **auf Basis der Roadmap** deutlich **einfacher**,

- die Spannungsfelder zwischen Klimaneutralität und anderen Zielen aufzulösen und **breiten Konsens zum Weg zur Klimaneutralität zu schaffen**.
- die **Klimawende zügig umzusetzen**.

Die Roadmap lässt sich **im politischen Diskurs auch gut fortschreiben** und dabei „einfach“, „sozial“, „rentabel“ und „haushaltsneutral“ halten, weil die Bewertungen transparent und leicht anpassbar sind.

Im Folgenden sind die zwölf Kernmaßnahmen dieser Roadmap kurz beschrieben - geordnet nach den Sektoren Energieerzeugung, Verkehr und Gebäudewärme.

### **Kernmaßnahmen Energieerzeugung**

Nach dieser Roadmap erfolgt im Zuge der Klimawende die Umstellung von Verbrenner-Kfz auf „eKfz“<sup>3</sup>, von Gas und Öl auf Strom für Gebäudewärme (Wärmepumpen) und einen Teil der industriellen Prozesswärme sowie von fossilen Brennstoffen auf eFuels<sup>4</sup> für die verbleibenden Energiebedarfe.

Der Erzeugung an erneuerbaren Energien steigt im Zuge der Klimawende deshalb von bisher 548 TWh/a auf 2.241 TWh/a. Für Klimaneutralität ist somit ein Zubau von Wind- und PV-Anlagen mit einer Energieerzeugung von insgesamt 1.693 TWh/a erforderlich – das ist ein jährlicher Zubau von 77 TWh/a bei Klimaneutralität bis 2045 (zur Vertiefung siehe Abschnitt 2.2).

Der für 2022 zu erwartende Zubau an Wind- und PV-Anlagen ist etwa 11 TWh/a. Bei einem weiteren Ausbau in dem Tempo wird Deutschland erst in ca. 154 Jahren klimaneutral<sup>5</sup>. Für Klimaneutralität bis 2045 muss der jährliche Ausbau dagegen das 7-fache von 2022 betragen.

Im Sektor Energieerzeugung liegt der Fokus der Maßnahmen deshalb auf dem

- **entschiedenen Ausbau von Strom aus erneuerbaren Energiequellen, der mittlerweile günstiger als Strom aus Atomkraft oder fossilen Kraftwerken ist.**

---

<sup>3</sup> rein elektrische Kfz, wie z.B. Pkw, Nutzfahrzeuge und Busse

<sup>4</sup> Wasserstoff, Methan und flüssige Kraftstoffe, die durch Synthesen hergestellt wurden, bei denen die Energie aus erneuerbaren Quellen stammt

<sup>5</sup> Auch wenn Deutschland die Hälfte seines Stroms und seiner eFuels importiert, dauert er Ausbau in Deutschland bei dem Tempo 65 Jahre.

- zügigen Aufbau von Erzeugungskapazität und Einsatz von eFuels.

Die Kernmaßnahmen sind (zur Vertiefung siehe Abschnitt 2.2):

1. **Erneuerbare Stromerzeugung stark ausbauen** – Ausschreibung und Vergabe des notwendigen jährlichen Zubaus von Stromerzeugung aus Wind und PV durch den Bund. Die niedrigen Kosten von Wind- und PV-Strom werden an die Energieverbraucher weitergegeben.
2. **Kommunen weisen die Flächen dazu aus** - Damit die dazu nötigen Flächen verfügbar sind, erlaubt jede Kommune PV- und Wind-Anlagen auf genügend Fläche, um den Energiebedarf für ihre Einwohner zu decken. Als Anreiz für Flächenausweis und Anlagengenehmigung erhält die Kommune 0,5 cent für jede kWh an EE-Strom, die auf dieser Fläche erzeugt wird.
3. **Strom-Nachfrage und -Angebot flexibilisieren** - Es werden zum einen deutliche Preisanreize gesetzt, um bei geringer Erzeugung von Wind- und PV-Anlagen auch wenig zu Strom zu verbrauchen und Stromspeicher zu entleeren – sowie bei hoher Erzeugung mehr Strom zu verbrauchen und Speicher zu füllen. Zum anderen werden eFuels erzeugt und rückverstromt, wenn die EE-Stromerzeugung unter den verbleibenden Bedarf fällt.
4. **eFuels stark ausbauen** – Zum zügigen Aufbau der eFuel-Erzeugung in Deutschland trägt die öffentliche Hand bei, indem sie:
  - den Verkauf von eFuels für 20 Jahre von Abgaben und Steuern so weit befreit, wie es nach EU-Recht zulässig ist. Das macht eFuels preislich schon heute fast wettbewerbsfähig mit (besteuerter) Diesel und Benzin.
  - eine zuverlässige und steigende Mindestabnahme durch verpflichtende Nutzung von eFuels für Dieselbusse und -züge im ÖPNV sichert.

Ergänzend wird beim Einsatz von fossilen Energieträgern für schwere LKW, Züge, Schiffe und Flugzeuge und für nicht auf Strom umstellbare Prozesswärme ein linear auf 100% anwachsender Anteil an eFuels auferlegt.
5. **Emissionshandel beibehalten** - Schlupflöcher im ETS und BEHG<sup>6</sup> schließen und jetzt verbindlich beschließen, die CO<sub>2</sub>-Zertifikate bis 2045 entsprechend dem im Bundestag beschlossenen Pfad zur Klimaneutralität einzuziehen.

## Kernmaßnahmen Verkehr

Mit Umstellung von Verbrenner-Kfz auf eKfz sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen beim aktuellen Strommix um ca. 65%. Wenn die Stromerzeugung dann ganz auf erneuerbare Energiequellen umgestellt ist, fahren eKfz CO<sub>2</sub>-frei. Bei den verbleibenden Verbrenner-Kfz sowie für Flug und Schifffahrt wird Klimaneutralität durch die Umstellung auf eFuels erzielt. Dies ist der schnellste und einfachste Weg zum CO<sub>2</sub>-freien Verkehr und hier deshalb im Fokus.

---

<sup>6</sup> ETS steht für das Emission Trading System, das die Emissionen der Stromerzeugung und einiger Industrieprozesse (z.B. Zementherstellung) erfasst. BEHG steht für das Brennstoffemissionshandelgesetz, das Emissionen von anderen Kraft- und Heizstoffen erfasst, vor allem Heizöl, Heizgas, Benzin und Diesel.

Die Kernmaßnahmen sind (zur Vertiefung siehe Abschnitt 2.3):

6. **eKfz wirtschaftlicher als Verbrenner-Kfz machen** - Den Kauf von eKfz bis 2030 so bezuschussen, dass sie wirtschaftlich attraktiver als Verbrenner-Kfz sind. Ab 2030 sind alle Neuzulassungen eKfz, ab 2045 endet die Betriebs-Erlaubnis für Verbrenner-Kfz (jeweils außer schwere Lkw). Damit ist die Fahrzeugflotte 2045 vollständig auf CO<sub>2</sub>-freie Antriebe umgestellt.
7. **Schnell-Ladeinfrastruktur ausbauen** – Die Anzahl öffentlicher Schnellladestellen passend zum Bestand an eKfz hochfahren. Wo Marktkräfte dazu nicht ausreichen, sichern das öffentliche Ausschreibungen und Subventionen ab.
8. **Subventionen für fossile Kraftstoffe abbauen** - Das „Dieselprivileg“ sowie die Umsatzsteuer-Befreiung von Kerosin und internationalen Flügen entfallen. Das „Dienstwagenprivileg“ wird auf reine eKfz begrenzt.

### **Kernmaßnahmen Gebäudewärme**

Hier ersetzt der wirtschaftlichste Mix von Wärmepumpen, Solarthermie und besserer Isolierung sukzessive die bestehenden Öl- und Gasheizungen. Die Investitionen tragen - außer in Härtefällen – die Gebäudeeigentümer, die ihren Immobilienwert auf diesem Weg steigern. Für den dazu notwendigen Ausbau von Fachkräftekapazitäten werden starke Anreize gesetzt.

Die Kernmaßnahmen sind (zur Vertiefung siehe Abschnitt 2.4):

9. **Vermieter tragen die Heizkosten zukünftig zu 50%** - Mieter die verbleibenden 50%. Beim Start der Regelung steigt die Kaltmiete um vom Vermieter übernommenen Heizkostenbetrag. Damit haben Eigentümer und Mieter keine Mehrkosten - aber beide haben mehr Chancen auf Kostensenkung, weil Eigentümer mehr Anreiz zur Investition in Energieeffizienz haben.
10. **Öl- und Gas-Heizungen durch CO<sub>2</sub>-freie Heizung ersetzen** – Alle Heizungen werden bis 2045 auf eine 100% CO<sub>2</sub>-freie Lösung umgestellt (4,5% der Bestandsfläche pro Jahr), beginnend mit den ältesten Heizungen. Dafür bietet der Bund Eigentümern zinsgünstige Kredite mit 30 Jahren Tilgung an, so dass sich die Investition in aller Regel aus den Einsparungen und der Wertsteigerung finanziert. Diese Investitionen werden nicht auf die Miete umgelegt.
11. **Wärmenetze auf CO<sub>2</sub>-freie Wärme umstellen und ausbauen** - In verdichteten Stadtgebieten, wo eine Wärmepumpe je Gebäude nicht sinnvoll ist, macht die Kommune ein Wärmenetz mit CO<sub>2</sub>-freier Wärme verfügbar. Der Bund bietet dazu ebenfalls zinsgünstige Kredite mit 30 Jahren Tilgungsfrist an.
12. **Fachkräfte-Offensive** – In den für die Umsetzung dieser Roadmap relevanten Berufsfeldern werden die Ausbildungsvergütung durch staatliche Zuschüsse und die Netto-Arbeitslöhne durch Befreiung von der Lohn- und Einkommenssteuer so stark erhöht, so dass deutlich mehr Menschen in diese Berufe gehen bzw. in diesen Berufen bleiben. Die Bauämter bearbeiten Genehmigungen für CO<sub>2</sub>-senkende Maßnahmen (Heizungstausch, Energieeffizienz, Wärmenetze) vorrangig, so dass die Bauwirtschaft ihre Kapazitäten ebenfalls vorrangig für CO<sub>2</sub>-senkende Maßnahmen eingesetzt.



## Ausblick

Eine **Weiterentwicklung der Maßnahmen und Berechnungen im Dialog mit Politik und Fachwelt** ist wünschenswert. Was dabei erhalten bleiben sollte ist, dass die resultierenden Maßnahmen

- in Summe die Klimaneutralität zum Zieljahr erreichen.
- in denselben Parametern (Energien Mengen, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Investitionshöhe, Effekt auf Energieverbraucher und öffentliche Haushalte) durchgerechnet sind
- mindestens so gute Effekte auf Einkommensverteilung, Wirtschaftlichkeit und öffentliche Haushalte haben wie die Kernmaßnahmen dieser Roadmap.
- so einfach und verständlich sind wie die Kernmaßnahmen dieser Roadmap.

Mit Umsetzung der Roadmap **entsteht ein Deutschland, das**

- **seine Klimaziele erreicht** und damit **wichtige Impulse für die EU setzt**, dem global drittgrößten CO<sub>2</sub>-Emittenten nach China und USA
- **nicht mehr von Energieimporten von Autokraten abhängig** ist, sondern die notwendige Energie kostengünstiger im eigenen Land produziert
- in dem Unternehmen, private Haushalte und öffentliche Haushalte **spürbare Kostenentlastungen und Einkommenssteigerungen** erfahren und dieser zusätzliche Wohlstand fairer verteilt ist
- **sich als globaler Leitmarkt für Klimatechnologie etabliert**, was für diese und die nächste Generation weiteres Wachstum und Wohlstand schafft.

## Klimaneutralität bis 2040 oder 2035

In der Roadmap ist entsprechend der aktuellen Beschlusslage der Bundesregierung unterstellt, dass die Klimaneutralität 2045 erreicht wird. Es gibt gute Gründe, dies auf 2040 oder 2035 vorzuziehen:

- Für einen **fairen Beitrag zur Klimaneutralität** sollte Deutschland laut dem Sachverständigenrat für Umweltfragen<sup>7</sup> bei einem 1,75 Grad Ziel bis 2040 klimaneutral sein und bei einem 1,5 Grad Ziel spätestens bis 2031.
- Je früher **Deutschland** klimaneutral wird, desto stärker wird es **als Leitmarkt für Klimatechnologien** gesehen und im globalen Wettbewerb gestärkt.

**Beim Vorziehen auf 2040 und 2035** liegen die sozialen, wirtschaftlichen und anderen **Effekte in einer ähnlichen Höhe wie bei Klimaneutralität bis 2045**: Die schnellere Umstellung treibt zwar die Preise und damit das Investitionsvolumen, erzielt den Nutzen aber auch früher. Das gleicht sich in etwa aus.

Die Herausforderungen liegen eher in Fachkräfte-Verfügbarkeit und Lieferketten, die in kürzerer Zeit deutlich mehr „Umbau“ zu leisten haben. Bei Klimaneutralität

---

<sup>7</sup> Seite 8,  
[https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2020\\_2024/2022\\_06\\_fragen\\_und\\_antworten\\_zum\\_co2\\_budget.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=15](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?__blob=publicationFile&v=15)

- **bis 2040** sollte das mit dieser Roadmap politisch und in den Lieferketten **ohne zusätzliche Maßnahmen machbar** sein.
- **bis 2035** müsste man die Rate des Ausbaus von PV- und Wind-Strom sowie des Heizungsaustauschs um das 10-15-fache gegenüber heute steigern, die Neuzulassung von Verbrenner-Pkw schon ab 2025 stoppen, staatlich gelenkt inländische Produktion von Anlagen für die Klimawende (z.B. EE-Strom-Erzeugung, eFuel-Synthese, Wärmepumpen) massiv ausbauen u.a.m.

Dazu sind starke und politisch vermutlich kontroverse Eingriffe in die Märkte erforderlich, die entweder Bürger und Unternehmen deutlich belasten oder – falls durch Fördermittel rentabel gemacht – die öffentlichen Haushalte.

**Das erscheint mit der Lösungsstrategie dieser Roadmap** (Klimawende vorrangig durch einzelwirtschaftlich rentable und haushaltsneutrale Maßnahmen sowie breiten politischer Konsens erzielen) **nicht praktikabel**.

## 2 Vertiefung der Kernaussagen

Die Gesamteffekte der Roadmap sind in der u.a. Tabelle zusammengefasst. Erkennbar ist dort, dass bei Umsetzung der Roadmap

- die Investitionen sich bereits bis 2045 amortisieren.
- die positiven Effekte etwa zur Hälfte aus den direkten Effekten in den Sektoren und zur anderen Hälfte aus dem davon ausgelösten BIP-Wachstum entstehen.
- jede der Stakeholder-Gruppen Energieerzeuger, Energieverbraucher und öffentliche Haushalte wirtschaftlich vor und nach der Klimaneutralität profitiert.

Tabelle – Gesamt-Effekte einer Umsetzung der Roadmap

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte Energieerzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
		Summe Invest	bis 2045 p.a	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.
Energieerzeugung	1.780	37	74	68	19	-347	7	533	100
Verkehr	95	0	1	139	38	411	21	557	59
Gebäudewärme	938	0	0	190	12	-55	0	135	13
Konjunkturreffekte				1.192	51	367	16	1.558	67
<b>Summe</b>	<b>2.813</b>	<b>37</b>	<b>75</b>	<b>1.588</b>	<b>121</b>	<b>376</b>	<b>43</b>	<b>2.784</b>	<b>239</b>

Die Kernaussagen werden nun in den Abschnitten 2.1 Grundlagen, 2.2 Energieerzeugung, 2.3 Verkehr, 2.4 Gebäudewärme und 2.5 Gesamteffekte vertieft.

## 2.1 Grundlagen

### Gegenstand

Gegenstand der Roadmap sind

- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus **Energieversorgung, Industrie, Verkehr und Gebäudewärme** in Deutschland auf null zu reduzieren, die derzeit noch jährlich 692 Mio. Tonnen oder 92% der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen<sup>8</sup>.
- **Kernmaßnahmen**, die notwendig sind, um die Klimawende zügig, sozial, rentabel sowie haushaltsneutral und politisch stabil umzusetzen.

### Nicht Gegenstand sind

- die Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Landnutzung sowie Abfallwirtschaft, da hierzu keine ausreichend belastbare Daten vorlagen.
- **tiefe Geothermie** als Quelle für Grundlast in der Stromerzeugung, da dem Autor hierzu keine ausreichend belastbare Daten vorlagen.
- **CO<sub>2</sub>-Emissionen**, die durch den Einkauf von Gütern und Dienstleistungen **im Ausland** erzeugt werden und deshalb nicht in der Bilanzierung nach dem Klimaschutzgesetz enthalten sind.
- CO<sub>2</sub>-Senken („**carbon capture**“), da hier eine großtechnische Anwendung noch nicht gesichert und wirtschaftlich somit auch nicht bewertbar ist.

Die Roadmap bietet **keine kurzfristige Lösung** der durch den Ukrainekrieg ausgelösten Versorgungsengpässe und Preissteigerungen bei fossilen Energien. Sie **bietet aber einen Weg**,

---

<sup>8</sup> Treibhausgasemissionen 2021 nach Sektoren,  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#nationale-und-europaische-klimaziele>

- wesentlich **schneller als bisher Erdgas und Erdöl** mit deutlich günstigeren Energiequellen zu **ersetzen**.
- **Konjunkturprobleme** wegen Energiepreisen und Lieferketten-Problemen durch eine rentable Klimawende **zu einem guten Teil zu kompensieren**.

## Einfach

Die Roadmap soll im politischen und medialen Diskurs nachvollziehbar und nutzbar sein. Die Maßnahmen und ihre Effekte sind deshalb einfach gehalten und beschrieben, soweit das für eine treffende Bewertung und Entscheidung ausreicht:

- Die **Sprache** ist einfach mit wenig „Fach-Chinesisch“
- Für Maßnahmen ist ein „**linearer**“ **Hochlauf** unterstellt (d.h. während der Umsetzung steigt oder sinkt der beeinflusste Wert – z.B. installierte PV-Kapazität oder Wärmepumpen – jedes Jahr um denselben Betrag).
- Auf den **Status Quo** wirken nur die Maßnahmen. Andere Änderungen - wie z.B. Wirtschaftswachstum, Preisentwicklungen oder technologischer Fortschritt - sind nicht berücksichtigt.
- Die **Effekte** von Maßnahmen sind aus wenigen Eckdaten abgeleitet und nicht tiefer differenziert (z.B. nach Gebäude-Arten, kleineren und größeren Pkw oder Stadt-Land).
- Ebenso wird in der Roadmap auch nicht zwischen **Wind-an-Land und Wind-auf-See-Anlagen** unterschieden. Das ist einfacher in der Darstellung und in der wirtschaftlichen Bewertung hinreichend treffend, da bei Wind-an-Land und Wind-auf-See die Investitionen und Kosten je erzeugter kWh nahe beieinander liegen. In der Praxis wird jedoch ein Mix aus Wind-an-Land- und Wind-auf-See-Anlagen geboten sein, damit die EE-Stromerzeugung weniger schwankt
- Der Text ist gemessen an der Komplexität des Themas eher kurz gehalten. Der Aufbau (siehe unten) erlaubt zudem einen einfachen Einstieg.

## Aufbau

Die Roadmap ist in drei inhaltlich und sprachlich zunehmend fachspezifische und detaillierte Abschnitte unterteilt, damit jede/r Leser\*in wählen kann, wie „allgemeinverständlich“ oder „fachspezifisch“ die Darstellung für ihn oder sie sein soll:

- **Abschnitt 1 „Kernaussagen“** fasst die zentralen Punkte möglichst allgemeinverständlich und knapp auf sechs Seiten zusammen (**Einstieg für „schnelle Leser\*innen“** aus Politik, Medien und Gesellschaft).
- **Abschnitt 2 „Vertiefung der Kernaussagen“** konkretisiert diese Kernaussagen in Zahlen und Inhalt und begründet sie vor allem qualitativ (**Einstieg für Fachpolitiker und Experten**).
- **Abschnitt 3 „Ableitung der Werte“** leitet die Zahlen detailliert und mit Quellenangaben abgeleitet, so dass sie nachvollziehbar sind (**Vertiefung für Fachpolitiker und Experten**).

## Annahmen

Zugrunde gelegt sind in der Regel **Daten aus dem Jahr 2021** oder das zuletzt davor liegende Jahr, für das geeignete Daten verfügbar waren.

Nur bei **Energiepreisen** sind aufgrund der starken Steigerung im Laufe der letzten 12 Monate, die in der Größenordnung auch als dauerhaft unterstellt wird, soweit verfügbar aktuelle Preise aus dem 2. Quartal 2022 zugrunde gelegt. Ergänzend wird auch eine Variante auf Basis von Energiepreisen aus 2021 gerechnet.

Der **Atomausstieg** erfolgt zum Jahreswechsel 2022/23 oder kurz danach. Der **Kohleausstieg** erfolgt bis 2038 oder früher.

Strom und **eFuels** (grüner Wasserstoff u.a.) aus erneuerbaren Energiequellen **werden in Deutschland produziert**. Das ist zum einen konservativ, weil vermutlich mit höheren Kosten verbunden. Zum anderen scheint es weder realistisch noch fair, von anderen Ländern zu erwarten, dass sie

- entweder ihren eigenen Weg zur Klimaneutralität bremsen, um Deutschland vorrangig mit erneuerbarem Strom und eFuels zu beliefern
- oder ihre gesamte Energiewirtschaft schneller als Deutschland komplett auf Erneuerbare umstellen und dann zusätzlich Kapazität für den Export nach Deutschland aufbauen.

Soweit aber eFuels im Ausland günstiger produziert und importiert werden, sind die auf eFuels aufbauenden Maßnahmen rentabler als in der Roadmap modelliert.

Mit erreichter Klimaneutralität wird die **Besteuerung von Strom und eFuels** so eingestellt, dass sie gemeinsam das heutige Aufkommen von Energiesteuer und Stromsteuer erreichen.

## Konservative Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der Roadmap ist insgesamt konservativ bewertet:

- Es ist keine allgemeine Steigerung der Energieeffizienz unterstellt
- Es ist keine weitere Steigerung der **fossilen Energiepreise und CO2-Preise** unterstellt.
- Es ist keine Senkung der Preise oder Steigerung der Leistungsfähigkeit von **eKfz, Wind- und PV-Anlagen, Wärmepumpen** u.a. unterstellt, obwohl dies aufgrund von technologischem Fortschritt und Skaleneffekten zu erwarten ist.
- Die zu erwartenden, positiven Effekte der Roadmap auf die **internationale Wettbewerbsfähigkeit** Deutschlands sind nicht quantifiziert.

## Glossar

**Erneuerbare Energien (EE)** sind die aus **Photovoltaik (PV)**, Wind, Solarthermie, Geothermie, Wasserkraft sowie Biomasse erzeugten Primärenergien.

**EE-Strom** ist mit erneuerbaren Energiequellen direkt erzeugter Strom.

**eFuels** sind aus 100% erneuerbaren Energien hergestellte gasförmige (z.B. Wasserstoff, Methan) oder flüssige (z.B. Ethanol, Diesel) Kraft- und Brennstoffe.

**ePkw** sind nur batterieelektrische Personenkraftwagen (keine Hybridfahrzeuge).

**eKfz** sind nur batterieelektrische Kraftfahrzeuge. **LNF** sind leichte Nutzfahrzeuge.

### Einheiten Leistung

- **kW** sind Kilowatt
- Kilowatt-Peak (**kWp**) ist die Einheit, in der die Kapazität einer Wind- oder PV-Anlage ausgedrückt wird. Das ist die maximale Leistung der Anlagen bei starkem Wind oder Sonneneinstrahlung.
- Megawatt (**MW**) sind tausend kW
- Gigawatt (**GW**) sind eine Million kW

### Einheiten Energie

- **kWh** sind Kilowattstunden
- Megawattstunden (**MWh**) sind tausend kWh
- Gigawattstunden (**GWh**) sind eine Million kWh
- Terrawattstunden (**TWh**) sind eine Milliarde kWh

### Einheiten Verkehrsleistung

- Personenkilometer (**Pkm**) sind die von allen Personen in Summe gereisten Kilometer (wenn 5 Personen in einem Bus 20 km fahren, ergibt das 100 Pkm)
- Tonnenkilometer (**tokm**) sind die von allen Gütern in Summe gereisten Kilometer (wenn 40 Tonnen in einem Lkw 100 km fahren, ergibt das 4.000 tokm)

### Andere Einheiten

- **qm** für Quadratmeter
- **qkm** für Quadratkilometer

## 2.2 Klimaneutrale Energieerzeugung

**Der Primärenergiebedarf sinkt bei Klimaneutralität um ca. 30%:**

- **Heute** werden in Deutschland mit fossilen Brennstoffen, erneuerbaren Energien und Kernenergie ca. **3.250 TWh/a Primärenergie** eingesetzt.
- Wenn bei Klimaneutralität

- EE-Strom bestehende Atom-, Kohle- und Gaskraftwerke ersetzt<sup>9</sup>,
- schwere Lkw, Diesel-Lokomotiven, Schiffe und Flugzeuge eFuels tanken,
- alle anderen Verbrenner-Kfz vollständig durch Elektro-Kfz ersetzt werden
- die Industrie die Hälfte ihres Energiebedarfs für Prozesswärme mit EE-Strom und die andere Hälfte mit eFuels deckt, weil nicht alle Prozesse auf Wärme aus Strom umstellbar sind,
- Öl- und Gasheizungen vollständig durch Wärmepumpen ersetzt sind und
- der Endenergieverbrauch bis zur Klimaneutralität ansonsten gleich bleibt (Wohlstandszuwächse gleichen Effizienzgewinne aus),

dann ergibt sich für Deutschland **bei Klimaneutralität** ein Gesamtbedarf an erneuerbarer Primärenergie von **nur noch ca. 2.300 TWh/a**.

Ursachen für diese Senkung des Primärenergiebedarfs sind v.a.

- der weitgehende Entfall der erheblichen Energieverluste bei der Stromerzeugung in konventionellen Kraftwerken (> 50%) und Verbrenner-Kfz (> 80%)
- die erheblichen Energieeinsparungen beim Heizen mit Wärmepumpen.

Darin bereits gegengerechnet sind die Energieverluste bei Synthese und anteiliger Rückverstromung von eFuels.

### **Klimaneutralität erfordert den Ausbau an EE-Strom aus Wind und PV um ca. 1.700 TWh/a – etwa fünfmal so viel wie im Koalitionsvertrag derzeit avisiert**

Da bisher ca. 550 TWh/a Primärenergie aus erneuerbaren Quellen eingesetzt werden, erfordert ein Gesamteinsatz an erneuerbarer Energie von ca. 2.250 TWh/a einen Zubau von EE-Erzeugung von ca. 1.700 TWh/a. Da die sinnvollen Potenziale von Biomasse und Wasser in Deutschland weitgehend ausgeschöpft sind, muss der Zubau vor allem mit PV- und Wind-Energie erzielt werden.

Der Koalitionsvertrag geht von 680-750 TWh/a Stromverbrauch in 2030 aus, von dem 80% (d.h. 544-600 TWh/a) EE-Strom sein soll. Da heute schon ca. 230 TWh/a an EE-Strom erzeugt werden, bedeutet das einen Zubau von 314-370 TWh/a EE-Strom. Damit sieht der Koalitionsvertrag nur 19-22% des für Klimaneutralität an sich erforderlichen Ausbaus vor.

Tabelle – Zubau EE-Strom bis 2030 nach Koalitionsvertrag vs. Bedarf bis 2045

Position	von (TWh/a)	bis (TWh/a)
Strombedarf 2030 lt. KoalV	544	600
davon EE-Strom 2030 lt. KoalV	544	600
EE-Stromerzeugung heute	230	230
Zubau EE-Strom bis 2030 lt. KoalV	314	370
<b>in % Zubau-Bedarf bis 2045</b>	<b>19%</b>	<b>22%</b>

<sup>9</sup> inkl. Erzeugung und Rückverstromung von eFuels für den Ausgleich von Schwankungen in der EE-Stromerzeugung

## **Die bisherigen Maßnahmen der Bundesregierung reichen für den erforderlichen Ausbau von EE-Strom nicht aus**

Für das Erreichen der Klimaneutralität ist bei einem konstanten Hochlauf 2024 bis 2045 ein **jährlicher Zubau an EE-Stromerzeugung von 77 TWh/a erforderlich**. **Der aktuelle Zubau liegt weit darunter**: bei Hochrechnung bis Mai 2022 zugebauter PV- und Wind-Kapazitäten<sup>10</sup> gehen in 2022 ca. neue 6 GW-peak PV und 2 GW-peak Wind ans Netz. Diese werden ca. **11 TWh/a erzeugen oder 14% des erforderlichen jährlichen Hochlaufs** für Klimaneutralität in 2045.

Die **bisherigen Entscheidungen der Bundesregierung** inkl. „Osterpaket“ **erzielen dabei in absehbarer Zukunft keine massive Beschleunigung**. Genehmigungsdauer und Flächenverfügbarkeit sind zentrale Hemmnisse<sup>11</sup>:

- Bei Wind ist einiges verbessert worden – bei 6-7 Jahren Genehmigungsdauer und vielen verbleibenden Hemmnissen ist jedoch noch keine schnelle Steigerung zu erwarten. Auch wenn die für Wind-Anlagen verfügbaren 2% der Fläche je Bundesland verbindlich ausgewiesen sind, ist noch offen.
- Bei PV ist einiges für PV-auf-Dach verbessert worden. PV-auf-Dach ist jedoch im Ausbaupotenzial begrenzt (max. 10% des Gesamtbedarfs an EE-Strom). Für Freiflächen-PV, das enormes Ausbaupotenzial hat und zudem deutlich preiswerter ist, ist dagegen wenig getan worden. Somit ist auch bei PV noch kein starker und schneller Ausbau absehbar. Auch hier reichen die verfügbaren Flächen noch nicht aus.

## **Der Flächenbedarf für Wind und PV ist höher als 2% - und nicht höher als die heute schon für Energiepflanzen eingesetzte Fläche.**

Bei Umsetzung dieser Roadmap sind für den **gesamten deutsche Energiebedarf** bei einem Strommix von 25% Wind-auf-See, 25% Wind-an-Land und 50% Freiflächen-PV max. **22.000 qkm oder 6,2% der Landesfläche** erforderlich<sup>12</sup>:

- für 50% des EE-Stroms aus **Freiflächen-PV ca. 10.000 qkm oder 2,9% der Fläche Deutschlands**
- für 25% des EE-Stroms aus **Wind-an-Land ca. 12.000 qkm oder 3,3% der Fläche Deutschlands (anstatt der 2% laut Koalitionsvertrag)**

In Deutschland sind **heute schon ca. 22.000 qkm mit Energiepflanzen** bebaut, die aber nur einen Bruchteil des deutschen Energiebedarfs abdecken. **Bei Klimaneutralität kann man den gesamten Energiebedarf mit derselben Landesfläche abdecken, die heute schon für Energiepflanzen eingesetzt ist.**

---

<sup>10</sup>[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG\\_Registerdaten/artikel.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/artikel.html)

<sup>11</sup> Siehe auch Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., BEE-Vorschläge für ein Erneuerbares Beschleunigungspaket, [https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2022/20221111\\_BEE-Beschleunigungspaket\\_Kurzfassung.pdf](https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Positionspapiere/2022/20221111_BEE-Beschleunigungspaket_Kurzfassung.pdf)

<sup>12</sup> Der Flächenbedarf sinkt, wenn Wind- und PV-Anlagen an denselben Standorten integriert werden oder EE-Strom zum Teil aus PV-auf-Dach oder Geothermie erzeugt wird.



## **EE-Strom ist preiswerter als Strom aus Kohle- und Atomkraftwerken**

Auch wirtschaftlich ist ein konsequenter Ausbau von Wind und PV sinnvoll: **Frei-flächen-PV mit Erzeugungskosten von 4-6 cent/kWh und Onshore-Wind mit 4-8 cent/kWh produzieren heute schon den preiswertesten Strom in Deutschland**<sup>13</sup>.

Die Erzeugungskosten konventioneller Kraftwerke liegen deutlich höher (Braun- bzw. Steinkohlekraftwerke bei 10-15 bzw. 11-20 cent/kWh, Gaskraftwerke bei 12-18 cent/kWh, Atomkraftwerke inkl. Folgekosten bei mind. 0,34 €/kWh<sup>14</sup>.

## **Stabile EE-Strom-Versorgung erfordert Speicher für erzeugten EE-Strom**

Die niedrigen Erzeugungskosten von Wind und PV führen nur dann zu niedrigen Strompreisen, wenn (fast) alle erzeugten kWh auch genutzt werden. Dazu muss man die nach Tageszeit und Wetter variable EE-Stromerzeugung und die zeitlich ebenfalls variable Stromnachfrage in Einklang bringen. Die Wege dazu sind: Mehr Nachfrage in die Zeiten der Erzeugungsspitze verlegen und in den Spitzen erzeugte Energie für spätere Nachfrage chemisch speichern (z.B. als eFuels).

## **eFuels sind bei Steuerbefreiung heute schon nahezu wettbewerbsfähig**

Der allgemeinen Wahrnehmung nach sind eFuels heute noch exorbitant teuer. Tatsächlich können sie heute schon wettbewerbsfähig sein. Bei Synthese-Anlagen mit 400 MW Leistung und Einsatz von EE-Strom aus eigenen Freiflächen-PV-Anlagen kostet die Synthese von

- eBenzin oder eDiesel ca. 20,7 cent/kWh<sup>15</sup>. Das entspricht einem Preis von 1,89 €/Liter für einen Liter Benzin oder Diesel. Damit liegt der Liter eFuel in etwa auf demselben Preisniveau wie Benzin und Diesel im November 2022<sup>16</sup>. Ohne Belastung mit Steuern und Abgaben sind **eFuels heute schon wettbewerbsfähig gegenüber Diesel mit MWSt.**
- grünem Wasserstoff wegen der geringeren Umwandlungsverluste nur 14,5 cent/kWh. Wieviel das damit zu ersetzende Erdgas zukünftig kosten wird, ist schwer vorherzusagen. An der europäischen Energiebörse EEX werden Erd-

---

<sup>13</sup> <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>

<sup>14</sup> [https://www.focus.de/finanzen/boerse/konjunktur/atom-kohle-gas-wind-solar-welche-stromart-uns-am-wenigsten-kostet\\_id\\_11658454.html](https://www.focus.de/finanzen/boerse/konjunktur/atom-kohle-gas-wind-solar-welche-stromart-uns-am-wenigsten-kostet_id_11658454.html)

<sup>15</sup> <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Roadmap-OH-Lkw-Bericht-Einfuehrungsszenarien-web.pdf>

<sup>16</sup> Stand 22.11.2022,  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/295534/umfrage/durchschnittspreis-fuer-einen-liter-diesel-mit-und-ohne-steuern-in-der-eu/> sowie  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1690/umfrage/preis-fuer-einen-liter-superbenzin-monatsdurchschnittswerte/>

gas-Kontrakte für 2024 derzeit mit 9 cent/kWh gehandelt<sup>17</sup> was zzgl. Energiesteuer und CO<sub>2</sub>-Preis 13 cent/kWh ohne MWSt. entspricht. Damit ist **auch grüner Wasserstoff heute schon nahe der Wettbewerbsfähigkeit**.

Bei einem Ausbau der Synthesekapazitäten ist zu erwarten, dass die Anlagen- und Herstellkosten noch relevant sinken und eFuels deutlich preiswerter werden.

### **Die Herausforderungen im Sektor Energieerzeugung sind also**

- **Hemmnisse für den Ausbau von Freiflächen-PV und Wind abbauen**, damit sie sich als wirtschaftlichste Lösung auch tatsächlich durchsetzen.
- deren **volatilen EE-Strom voll zu nutzen** mit dem besten Mix von Nachfragesteuerung und Speicherung in eFuels.

Auf diese Herausforderungen sind die folgenden Kernmaßnahmen ausgerichtet.

### **Kernmaßnahmen**

1. **Erneuerbare Stromerzeugung stark ausbauen** – Jährlich schreibt der Bund Wind- und PV-Erzeugungskapazität von 77 TWh/a aus, mit Beginn der Erzeugung für die erste Ausschreibungsrunde in 2024. Ausgeschrieben wird die Erzeugung zu festen Preisen und zugesicherter Abnahme erzeugter Strommengen über 20 Jahre. Diese Investitionssicherheit schafft die notwendige Investitionsbereitschaft der Anbieter. Die festen Preise werden im Strommix mit angemessen begrenztem Aufschlag an die Stromverbraucher weitergegeben (Abkehr vom „Merit-Order-Modell“ in der Strompreisfindung<sup>18</sup>). So sind dann weder die Stromkunden noch die Investoren den z.T. heftigen Schwankungen der Strombörse ausgesetzt. Mit mehr preisgünstigem EE-Strom im Mix sinkt der Strompreis für alle Abnehmer. Die Vergaben werden durch Gestaltung der Ausschreibungen räumlich so gesteuert, dass sie keine den Hochlauf zeitlich oder in seiner Wirtschaftlichkeit gefährdende Anpassungen der Netzinfrastruktur oder der Pufferkapazitäten (siehe Kernmaßnahme 3) erfordern. Deshalb erfolgt ein relevanter Anteil des Wind-Ausbaus in Form von Wind auf See. Ergänzend ist das Repowering von Wind-Anlagen zulässig, solange die technische Sicherheit der erneuerten Anlage durch Typenzulassung oder individuell nachgewiesen ist.
2. **Kommunen weisen die Flächen dazu aus** - Jede Kommune weist in der Flächennutzungsplanung (FNP) mindestens die Fläche für Erzeugung und Speicherung des EE-Stroms aus, die dem Anteil der Kommune am nationalen Primärenergiebedarf bei Klimaneutralität auf einer pro Kopf-Basis entspricht (265 qm/Einwohner wie in Abschnitt 3.1 abgeleitet).

Auf diesen Flächen ist nicht nur der Bau von PV- und Wind-Anlagen sondern auch von Biogas- und Geothermie-Anlagen sowie von Stromspeichern und

---

<sup>17</sup> <https://first-energy.net/energieeinkauf/report-gaspreisentwicklung> - siehe Jahreskontrakte für Erdgas Power Futures THE

<sup>18</sup> <https://www.bundestag.de/resource/blob/918822/5e90aaa1ac9b40247a33eef983713c67/WD-5-121-22-pdf-data.pdf>

eFuel-Synthesen privilegiert, im überragenden öffentlichen Interesse und bei Typenzulassung wird auf eine erneuten technische Prüfung der von der Zulassungen abgedeckten Aspekte verzichtet. Bis zum Ausweis dieser Flächen sind die o.a. Anlagen im gesamten Außenbereich außer in Naturschutzgebieten privilegiert und zulässig.

Eine Kommune kann weniger dieser Flächen ausweisen, wenn im Gegenzug eine andere Kommune im Umkreis von 100km für sie entsprechend mehr ausgewiesen hat.

Als Anreiz für den Zubau erhalten Kommunen 0,5 cent pro EE-kWh, die auf ihrem Gebiet erzeugt wird. Eine Kommune mit 80.000 Einwohnern, welche die für diese Einwohnerzahl erforderliche Energieerzeugung auf dem Gebiet der Kommune ansiedelt, erhält dadurch zusätzliche Einnahmen von ca. 11 Mio. € pro Jahr. Das entspricht einer Aufstockung der durchschnittlichen Steuereinnahmen einer Kommune dieser Größe um ca. 9%<sup>19</sup>.

3. **Strom-Nachfrage und -Angebot flexibilisieren** - Deutschland-weit ergänzen sich Wind- und Sonnenenergie im Jahresverlauf (Sommersonne und Winterstürme) als auch kurzfristiger deutlich besser als allgemein angenommen. „Dunkelflauten“ (PV- und Wind-Anlagen erzeugen über 48 Stunden Strom unter 10% ihrer Nennleistung) kommen in Deutschland im Schnitt nur zweimal jährlich vor<sup>20</sup>.

Dennoch sind Strom-Nachfrage und -Angebot noch in relevanten Umfang aufeinander anzupassen, damit die volle EE-Stromerzeugung genutzt wird. Die Teilmaßnahmen dazu sind:

- Die deutliche zeitliche Strompreis-Differenzierung im Tages- und Wochenverlauf ist bei Bedarf bei allen gewerblichen und privaten Stromabnehmern zulässig, um Nachfrage und Angebot zeitlich stärker in Deckung zu bringen. Dazu werden bei allen Stromabnehmern auf Kosten der Stromnetzbetreiber verpflichtend bidirektionale, smarte Zähler installiert die sowohl Einspeisung als auch Abnahme erlauben sowie eine Strompreis-Differenzierung nach Verbrauchszeitpunkt. Die BNetzA stellt sicher, dass bei der zeitlichen Differenzierung der Strompreise keine verdeckte Erhöhung des durchschnittlichen Strompreises erfolgt. Dies schafft zum einen starke Anreize die Stromabnahme an das Stromangebot anzupassen, als auch bei Bedarf Strom aus PV-Anlagen, stationären Batterien oder eKfz-Batterien einzuspeisen.
- In den verbleibenden „Spitzen“ (EE-Stromangebot über Stromnachfrage) erfolgt Stromabnahme für eFuel-Synthese, im Umfang von bis zu 34% der Jahres-Stromerzeugung. Diese zeitlich flexible Stromabnahme wird von

---

<sup>19</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/76531/umfrage/steuereinnahmen-der-gemeinden-seit-1999/>

<sup>20</sup>

[https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20180306\\_pressemitteilung\\_klima\\_pk.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20180306_pressemitteilung_klima_pk.pdf?__blob=publicationFile&v=2), S. 124, <https://asr.copernicus.org/articles/16/119/2019/asr-16-119-2019.pdf>

eFuel-Erzeugern als Gegenleistung für die steuerlichen Entlastungen der Kernmaßnahme 4 verlangt.

- In den verbleibenden „Tälern“ (EE-Stromangebot unter Stromnachfrage) werden Reserve-Gaskraftwerke mit eFuels genutzt. Dafür wird von erzeugten eFuels eine Menge vorgehalten, die genügt, um ca. 14% des jährlichen Stromverbrauchs zu erzeugen. Das entspricht dem Stromverbrauch von 1 Tag pro Woche.

Weitere Pufferkapazitäten schafft die Bundesregierung durch Ausbau von grenzüberschreitenden Stromleitungen (Dunkelflauten im o.a. Sinn sinken auf ca. 0,2 Vorkommnisse pro Jahr, wenn man ganz Europa betrachtet).

4. **eFuels stark ausbauen** – Um eFuels deutlich wettbewerbsfähiger zu machen, werden sie 2024 bis 2045 ganz entlastet beim

- eingesetztem EE-Strom von Netznutzungsentgelten, Steuern u.a. sowie von der Umsatzsteuer soweit nach EU-Recht möglich.<sup>21</sup>
- eFuel-Verkauf von der Energiesteuer und Erdölbevorratungsabgabe

Diese Entlastung gilt bei neuen und bestehenden Synthese-Anlagen für 20 Jahre. Wenn eFuels vor 2045 ohne diese Entlastungen preislich mit fossilen Kraftstoffen wettbewerbsfähig und in der nachgefragten Menge verfügbar sein sollten, werden die Entlastungen für weitere Anlagen entsprechend reduziert.

Das Hochfahren der Erzeugungskapazitäten wird weiter beschleunigt, indem die Bundesregierung den Einsatz von eFuels im ÖPNV bei Diesel-Bussen und -Zügen) auferlegt, beginnend in 2025 und linear hochlaufend auf 100% Beimischung in 2030.

Ob das genügt, damit eFuels preislich so wettbewerbsfähig und in der Menge verfügbar werden, dass sie bis 2045 alleine aufgrund ihres Preisvorteils fossile Energieträger in allen Bereichen verdrängt haben, ist angesichts der Dynamik im Energiemarkt schwer vorher zu sagen.

Deshalb wird flankierend ein eFuel-Gebot gesetzt: die in Deutschland verkauften Brenn- und Kraftstoffe für schwere LKW, Züge, Schiffe und Flugzeuge sowie für nicht auf Strom umstellbare Prozesswärme müssen beginnend 2030 eFuels mit Quellennachweis „CO<sub>2</sub>-frei“ beimischen, deren Anteil dann bis 2045 linear auf 100% hochläuft. Damit werden sich eFuels auch dann sukzessive gegen fossile Kraftstoffe durchsetzen, wenn sie noch nicht der Kraftstoff der Wahl geworden sind. Das wird für die Zwecke dieser Untersuchung als unproblematisch angesehen bei

- *Flug* – Hier beenden höhere Treibstoffpreise die Ära des sehr billigen Fliegens. Dies trifft die vielfliegenden höheren Einkommen stärker. Es führt zur Dämpfung, nicht zu einem Verbot des Fliegens bei allen Einkommen.
- *schweren Nutzfahrzeugen* - Hier beenden höhere Treibstoffpreise die Ära des sehr billigen Straßengüterverkehrs. Da die Transportkosten sowohl für

---

<sup>21</sup> S. 96, <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>

die Inlands- als auch für die Exportproduktion einen kleinen Anteil an den Gesamtkosten haben, wird dies weder für die Lebenshaltungskosten noch für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie als problematisch angesehen

- *produzierendem Gewerbe* – In Unternehmen, bei denen Energieträger für Prozesswärme unter 10% ihrer Gesamtkosten ausmachen oder sich in Märkten bewegen, die im umsatzgewichteten Schnitt weniger als 20% Marktanteil internationaler Wettbewerber haben.

Bei der überschaubaren Anzahl aber relevanten Größe von Branchen des produzierenden Gewerbes, bei denen diese 10% und 20% überschritten werden (z.B. Eisen und Stahl, Grundstoffchemie, Glas und Keramik, Steine und Erden<sup>22</sup>) und Energiepreise mit wettbewerbsentscheidend sind, wird bis 2045

- der eFuels-Preis mit der durchschnittlichen Differenz zum Erdgaspreis subventioniert und
- die Umstellung von Produktionsanlagen von Gas und Kohle auf Strom mit beginnend 80% und linear absinkend auf 20% des Investitionsbetrags subventioniert (im Durchschnitt 50%),

um die Umstellung auch in diesen energieintensiven Branchen zu erzielen, ohne Arbeitsplätze in Deutschland in relevantem Umfang zu gefährden.

## 5. Emissionshandel konsequent nutzen

Im ETS und BEHG werden die **Ausnahmen und kostenlosen Zertifikate gestrichen** und es wird jetzt verbindlich beschlossen, die **verfügbaren Zertifikate bis 2045 linear auf null zu reduzieren**. Das gibt den Marktteilnehmern weitere Investitionssicherheit und gewährleistet die Klimaneutralität, für den Fall, dass die o.a. Maßnahmen das nicht schon vollständig bewirkt haben.

---

<sup>22</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/189173/umfrage/anteil-der-energiekosten-an-der-bruttowertschoepfung-nach-branche/>

## Investitionen und Einsparungen

Diese Maßnahmen erfordern Zusatz-Investitionen von 1.780 Mrd. €. Sie erzielen volkswirtschaftlich einen Nutzen von 100 Mrd. €/a und eine Rendite von 5,6%.

Tabelle – Investitionen und Effekte im Sektor Energieerzeugung

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte Energierzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
		Maßnahmen	Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.
1. EE-Strom stark ausbauen	737	339	31	692	63	-421	0	610	94
2. Kommunen weisen die Flächen dazu aus	0	0	0	-123	-11	123	11	0	0
3. Stromnachfrage und -angebot flexibilisieren	608	280	25	-333	-30	0	0	-53	-5
4. eFuels stark ausbauen	434	194	18	-168	-2	-49	-4	-23	11
5. Emissionshandel konsequent nutzen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>1.780</b>	<b>812</b>	<b>74</b>	<b>68</b>	<b>19</b>	<b>-347</b>	<b>7</b>	<b>533</b>	<b>100</b>

Der Maßnahme 1 sind die Investitionen und anderen Effekte eines Ausbaus der EE-Stromerzeugung zugeordnet außer für Maßnahmen 3 und 5. Bei „Effekte Energieverbraucher“ ist die zukünftige Strommenge mit der Absenkung der Herstellkosten multipliziert, die sich durch Ersatz von fossilen Kraftwerken durch Wind und PV ergibt. Bei „Effekte öffentliche Haushalte“ sind die Mehreinnahmen aus der Stromsteuer abzgl. der Mindereinnahmen von Energiesteuer und ETS/BEHG ausgewiesen. Da der Verbrauch von fossilen Energieträgern bis zur Klimaneutralität auf „null“ sinkt, sinken sukzessive auch die Einnahmen der öffentlichen Haushalte aus diesen Quellen.

Der Maßnahme 3 sind die Investitionen und Effekte der EE-Stromerzeugung, eFuel-Synthese und GuD-Kraftwerke für eFuel- Rückverstromung zugeordnet, die die Stromversorgung in Zeiten geringer direkter Wind- und PV-Erzeugung sichern.

Der Maßnahme 4 sind die Investitionen und Effekte der EE-Stromerzeugung, und eFuel-Synthese für den verbleibenden eFuel-Bedarf (schwere LKW, Schiffe, Flugzeuge sowie nicht durch Strom ersetzbare Prozesswärme) zugeordnet.

Der Maßnahme 5 sind keine Effekte zugeordnet, da unterstellt ist, dass die mit den Kernmaßnahmen geschaffenen Anreize genügen, um die Emissionen aus Energieerzeugung und anderem Einsatz fossiler Brennstoffe bis 2045 linear auf null zu senken und die Preise der Emissionszertifikate somit nicht steigen.

Weitere Ableitungen der Investitionen und Effekte sowie dabei genutzte Quellen sind Abschnitt 3.1 zu entnehmen.

## Exkurs BioFuels

Biomasse trägt heute ca. 320 TWh/a zum Primärenergieeinsatz in Deutschland bei, die überwiegend als Biogas in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gleichzeitig Strom und Wärme erzeugen. Das ist zu hinterfragen:

- **Einsatzzweck** - Energetisch ist es sinnvoller, mit diesem Biogas industrielle Prozesswärme zu erzeugen, anstatt für industrielle Prozesswärme eFuels mit relevanten Energieverlusten in der Synthese herzustellen.
- **Einsatzmenge** – Die eingesetzte Biomasse besteht derzeit überwiegend aus Energiepflanzen und Holzresten. Bei den Energiepflanzen ist die Fläche effizienter für Freiflächen-PV eingesetzt (s.o.). Ein relevanter Anteil der Holzreste wird durch Abholzen von Wald erzeugt - auch im Ausland. Das setzt zusätzlich CO<sub>2</sub> frei und bedroht z.T. sensible Ökosysteme.

Insofern sollte Biomasse in der Energieerzeugung auf Sicht nur aus im Inland ohnehin anfallenden biologischen Reststoffen gewonnen werden (landwirtschaftliche Abfälle, andere Lebensmittel- und Gartenabfälle, Klärschlamm). Aus der Biomasse sollte Biogas erzeugt und in den Bereichen eingesetzt werden, in denen ansonsten aus EE-Strom erzeugte eFuels eingesetzt werden (Teile der industriellen Prozesswärme, Teile des Verkehrs und bei Gaskraftwerke in der Reservekapazität).

Da ein veränderter oder reduzierter Biomass-Einsatz jedoch bei Erarbeitung der Roadmap mangels verfügbarer Daten nicht ausreichend wirtschaftlich bewertet werden konnte, ist beim Biomasse-Einsatz der Status Quo fortgeschrieben.

## 2.3 Klimaneutraler Verkehr

### Eckdaten zum Sektor – Antriebswende Kfz erzielt den größten Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Senkung im Verkehr

Der Verkehr verursacht in Deutschland 20% der CO<sub>2</sub>-Emissionen; davon verursachen wiederum Pkw 61% und Lkw 36%<sup>23</sup>. Die übrigen Verkehrsträger im Personenverkehr tragen nur 3% zu den Verkehrsemissionen bei. In der „Antriebswende“ von Verbrenner-Pkw zu 100% batterieelektrischen Pkw (ePkw) liegt deshalb der größte Beitrag zur Klimaneutralität im Personenverkehr.

- Beim heutigen Strommix senkt die **Umstellung auf ePkw** die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Pkw-Betrieb um 65%. Das alleine **senkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Verkehrs um 40%**. **Nach Umstellung des Strommix auf 100% EE** (siehe Kapitel 2.2) gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von ePkw im Betrieb auf „null“. Das alleine senkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Verkehrs **um 61%**.
- Laut ADAC-Studie lagen **ePkw** schon 2021 bei Einrechnen der bestehenden Zuschüsse **im Beschaffungspreis** in etwa **gleichauf** mit Verbrenner-Pkw **und in den Betriebskosten** meist **unter Verbrenner-Pkw**. Mit den seitdem erfolg-

---

<sup>23</sup> <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschonender-verkehr-1794672>, <https://www.dlr.de/content/de/artikel/forschung/personenverkehr-in-deutschland-verkehrsmittel-im-vergleich.html>

ten Energiepreissteigerungen (sowohl Benzin und Diesel als auch Strom sind teurer geworden sind, dürfte sich das nicht wesentlich geändert haben).

- **“Reichweiten-Angst“ ist unbegründet:** Die durchschnittliche Fahrleistung pro Pkw ist ca. 13.500 km/Jahr oder 41 km/Tag. Die meisten ePkw der großen Automobilhersteller haben real mittlerweile 200 km oder mehr Reichweite. Sie können im Alltag also 5 oder mehr Tage fahren, ohne zu laden.
- Die Antriebswende von Verbrenner- auf Elektromotoren ist die **in der Automobilbranche anerkannte Zukunft des Markts**. Wenn Deutschland beim ePkw-Anteil im internationalen Vergleich in Führung geht, bleibt Deutschland globaler Pkw-Leitmarkt mit allen Vorteilen, die das für die deutsche Autoindustrie und ihre Beschäftigten hat.

Der Antriebswende steht derzeit die **Subvention des Verbrauchs fossiler Kraftstoffe** entgegen. Alleine Dieselprivileg und Vergünstigungen für den Flugverkehr **kosten den Steuerzahler ca. 20,6 Mrd. € pro Jahr**.

Bis die Antriebswende erfolgt ist, senkt Verkehrsverlagerung vom Pkw auf öffentlichen Verkehr (Schiene, Bus), Fahrrad und Fußverkehr die CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>24</sup>:

- Etwa 19% der Gesamt-Pkm werden derzeit mit dem öffentlichen Verkehr (ÖV) zurückgelegt. Das Ziel der Bundesregierung ist es, diesen Anteil zu verdoppeln. Wenn das gelingt, werden maximal 19% der Pkw-Emissionen und damit **maximal 12% der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gesamt-Verkehrs eingespart**. Nach bisherigen Erfahrungen wird diese Verdoppelung des ÖV-Anteils langwierig (eher 20 als 10 Jahre) und sehr kostenintensiv. Wenn bei erfolgtem ÖV-Ausbau schon 50% der Pkw mit EE-Strom fahren sollten, halbiert sich der Effekt einer Verdoppelung des ÖV-Anteils auf 6% CO<sub>2</sub>-Einsparung.
- Der Ausbau des Rad-Anteils von heute 3% an den Pkm ist zügiger umsetzbar, der CO<sub>2</sub>-Effekt aber begrenzt. Bei Umstellung **aller** Pkw-Wege unter 5 km (ca. 7% der Pkm)<sup>25</sup> auf Radfahrten werden 7% der Pkw-Emissionen und damit **4% der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gesamt-Verkehrs eingespart**. Die reale Einsparung wird niedriger liegen, da nicht alle Pkw-Wege unter 5 km auf Radfahrten umstellbar sein werden.

Den öffentlichen Verkehr und Radanteil auszubauen, ist schon deshalb sinnvoll weil sie die kostengünstigeren und gesünderen Verkehrsmittel sind mit weniger Umweltbelastung (Lärm, Mikroplastik aus Reifenabrieb) und gerade in Ballungsgebieten mit weniger Platzbedarf für dieselbe Verkehrsleistung.

---

<sup>24</sup> Ist-Werte aus S. 45 der Studie Mobilität in Deutschland 2017, [http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Ergebnisbericht.pdf](http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf)

<sup>25</sup> S. 73, [http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Ergebnisbericht.pdf](http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf)



Im Fokus dieser Roadmap steht jedoch die Antriebswende bei Pkw und Lkw, da

- sie den mit Abstand größten Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr leisten und dies zudem relativ schnell wirken kann
- die Klimaneutralität von Schiene, Bus und Flug mit Umstellung auf EE-Strom bzw. eFuels ohnehin erzielt wird (siehe Abschnitt 2.2).

### **Kernmaßnahmen**

Die Kernmaßnahmen zielen darauf ab, bei zukünftigen Kaufentscheidungen eKfz zur wirtschaftlicheren Option zu machen. Die Maßnahmen sind:

6. **eKfz wirtschaftlicher als Verbrenner-Kfz machen** - Dies wird v.a. durch Zuschüsse auf den Beschaffungspreis neuer batterieelektrischer (BEV) Pkw, leichter Nutzfahrzeuge und Busse erzielt, durch die der verbleibende Kaufpreis im Schnitt auf den Kaufpreis vergleichbarer Verbrenner-Kfz sinkt:
  - Dazu ist derzeit ein Zuschuss von etwa ca. 8 T€ je Pkw erforderlich (und analoge Beträge bei leichten Nutzfahrzeugen sowie Bussen).
  - These: Dieser Zuschuss kann aufgrund von Kostendegression in der Produktion und dem gegenüber Verbrenner-Pkw steigenden Wiederverkaufswert von ePkw im Zeitraum 2024-2040 linear auf 0 T€ abgesenkt werden, ohne dass Verbrenner-Pkw für Käufer wirtschaftlicher werden.
  - Der zügige und vollständige Austausch wird ergänzend abgesichert mit einem **Neu-Zulassungsverbot für Verbrenner-Pkw und -LNF ab 2030**: dann sollten günstige Einstiegsmodelle und ein Gebrauchtwagenmarkt für ePkw verfügbar sein, die auch für untere Einkommen so erschwinglich sind wie heute kleinere und gebrauchte Verbrenner-Pkw.

**Exkurs schwere Lkw** – Hier ist derzeit Technologieoffenheit sinnvoll (Batterien, Oberleitung und/oder eFuels). Deshalb ist für schwere LKW in der Bewertung unterstellt, dass bei Klimaneutralität ca. die Hälfte mit eFuels fährt und die andere Hälfte mit Strom.

7. **Schnelllade-Infrastruktur ausbauen** – Die Anzahl öffentlicher Schnelladestellen wird passend zum Bestand an eKfz hochfahren. „Passend“ bedeutet mind. 1 Schnelladesäule pro 56 eKfz, die auf öffentliches Laden angewiesen sind, d.h. die keine private Ladestation nutzen. Bisher scheint das ausreichend gelungen (kaum Wartezeiten an Schnelladesäulen). Sollten Marktkräfte für diesen Ausbau nicht ausreichen, wird das durch ergänzende öffentliche Ausschreibung und Subventionen abgesichert.
8. **Subventionen für fossile Kraftstoffe abbauen** - Dies beschleunigt den Umstieg, schafft Finanzierungsspielräume für die Klimawende und ist sozial ausgewogen, da die Subventionen derzeit überproportional den oberen Einkommen zugute kommen (größere Autos, mehr Fahrleistung, mehr Flüge). Konkret bedeutet das:

- **Dienstwagenprivileg** ab sofort auf **voll-elektrische eKfz begrenzen**. Da 50% der Neuwagen Dienstwagen sind, erzielt dies zu eine zügige Steigerung des ePkw-Absatzes.
- **Dieselprivileg, Befreiung Kerosin** von der Energiesteuer und **Befreiung grenzüberschreitender Flüge** von der Mehrwertsteuer nach der aktuell von Energiepreis-Sprüngen geprägten Phase ab 2024 linear über 4 Jahre auf null reduzieren. Dieser Vorlauf gibt Zeit für die Anpassung und ist zugleich kurz genug, dass mit der Anpassung direkt begonnen wird.

### Effekte auf Investitionen und Einsparungen

Diese Maßnahmen erfordern von Nutzern kaum Zusatz-Investitionen sondern v.a. Zuschüsse der öffentlichen Hand. Sie erzielen durch die niedrigeren Betriebskosten von eKfz deutliche Einsparungen bei Unternehmen und privaten Haushalten.

Tabelle – Investitionen und Effekte im Sektor Verkehr

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte Energierzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
		Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum
6. eKfz wirtschaftl. als Verbrenner-Kfz	35	0	0	303	30	0	0	303	30
7. Schnelllade-Infrastruktur ausbauen	59	7	1	0	0	0	0	7	1
8. Subvention fossiler Kraftstoffe abbauen	0	0	0	-164	8	411	21	247	29
<b>Summe</b>	<b>95</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>139</b>	<b>38</b>	<b>411</b>	<b>21</b>	<b>557</b>	<b>59</b>

Die weitere Ableitung der Investitionen und Effekte sowie dabei genutzte Quellen sind Abschnitt 3.2 zu entnehmen.

## 2.4 Klimaneutrale Gebäudewärme

### Eckdaten zum Sektor

- Die Erzeugung von Gebäudewärme und Warmwasser verursachen ca. 15% der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland.
- Von den ca. 22 Millionen Gebäuden sind über 55% vor 1977 errichtet und haben somit ein hohes Einsparpotenzial
- Knapp 60% der Bevölkerung lebt in Mietwohnungen.

### Zentrale Hemmnisse beim Erreichen der Klimaneutralität

Beim Abbau von CO<sub>2</sub>-Emissionen für Gebäudewärme (Heizung und Warmwasser) sind diese zentralen Hemmnisse zu überwinden:

- **Mietflächen** - Hier **klaffen Kostenbeeinflussung** (relevanter Anteil beim Eigentümer) **und Kostenbelastung** („100%“ beim Mieter) **auseinander**. Die verabschiedete Aufteilung der Kostenbelastung aus dem CO<sub>2</sub>-Preis zwischen Eigentümer und Mieter greift das zwar auf, aber eben nur für diesen relativ kleinen Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises an den Heizkosten.
- In **selbstgenutzten Gebäuden** sind bei **Ersatzinvestitionen** CO<sub>2</sub>-sparende oder CO<sub>2</sub>-neutrale Lösungen für Eigentümer **heute schon rentabel**. Aufgrund der sehr langen Nutzungszeiten bei Heizungen, Isolierung und Gebäudesubstanz ist die jährliche **Austauschquote derzeit nur ca. 1%**<sup>26</sup>. Für Klimaneutralität bis 2045 ist dagegen eine **Austauschquote von ca. 5% erforderlich**.
- Ein **vorzeitiger Austausch** aufgrund der langen Amortisationszeiten auch bei bestehenden Zuschüssen **für den Nutzer oft nicht rentabel genug**.
- Bei den für eine Klimawende im Gebäudesektor erforderlichen **Fachkräften** (Planung, Genehmigung, Bau) herrscht heute schon ein **Engpass**.

**Exkurs Heizkosten bei Empfängern von Transferleistungen** - In Zeiten steigender Preise für fossile Energien ist es sinnvoll, dies sehr zeitnah bei der Bemessung von Transferleistungen zu berücksichtigen, in die Heizkosten einfließen (z.B. bei Angemessenheit der Wohnung nach ALG II sowie bei Wohngeld und BAföG). Dieser Handlungsbedarf ergibt sich jedoch aus dem Status Quo und nicht aus der Klimawende, die Deutschland von fossilen Energien unabhängig macht. Deshalb ist dies auch nicht in den Kernmaßnahmen der Roadmap enthalten.

## Kernmaßnahmen

9. **Vermieter tragen die Heizkosten zu 50% - ohne Mehrbelastung für Vermieter und Mieter** - Dazu wird mit Übergangsfristen die Kaltmiete um 50% der aktuellen Heizkosten erhöht. Das ist netto weder für Mieter noch für Vermieter eine Mehrbelastung, gibt aber
  - Vermietern einen deutlich stärkeren Anreiz in rentable CO<sub>2</sub>-Senkung zu investieren.
  - erlaubt damit sowohl Vermietern als auch Mietern durch diese Investitionen wirtschaftlich besser gestellt zu sein als im Status Quo.
10. **Öl- und Gas-Heizungen durch CO<sub>2</sub>-freie Heizung ersetzen** - Alle Gebäudeeigentümer stellen ihre Öl- und Gas-Heizungen verpflichtend auf eine 100% CO<sub>2</sub>-freie Lösung um:
  - **im Bestand** bei Heizungen, die 20 Jahre oder älter sind und somit ohnehin nahe am sinnvollen Zeitpunkt der Reinvestition sind (bei Beginn in 2024 sind damit alle Öl- und Gas-Heizungen bis 2043 ausgetauscht). Damit wird

---

<sup>26</sup> 2019, dena-Gebäudereport Kompakt 2019: Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT\\_KOMP](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT_KOMP)

die Austauschpflicht nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)<sup>27</sup> von 30 Jahre alten Heizungen auf 20 Jahre alte Heizungen ausgeweitet.

- bei allen **Neubauten** und ohnehin stattfindenden **Heizungsaustauschen**
- Die Kommune kann 5% der Geschossfläche hiervon ausnehmen und den Weiterbetrieb einer Heizung mit Gas oder Öl zulassen, um Härtefälle zu vermeiden. Diese Heizungen sind dann gestaffelt bis 2045 auf 100% eFuels (siehe Maßnahme 2) umzustellen.

Wärmepumpen werden als CO<sub>2</sub>-frei behandelt, da der von ihnen bezogene Strom entsprechend Abschnitt 2.2 in absehbarer Zeit CO<sub>2</sub>-frei sein wird.

Die Investition von ca. 940 Mrd. € entspricht ca. 6,4% des Immobilienwerts aller Wohn- und Nicht-Wohngebäude in Deutschland<sup>28</sup>. Angesichts der durch den Beschluss der Klimaneutralität bis 2045 ohnehin bestehenden Anforderung, bis dahin auch auf klimaneutrales Heizen umgestellt zu haben, ist diese Investition in mindestens derselben Höhe wertsteigernd für die Immobilie.

Insofern sind an sich keine Zuschüsse erforderlich, um die Umsetzung des Gebots für Immobilieneigentümer wirtschaftlich zu machen. Da dies aber zu Engpässen in der Liquidität führen kann, werden 30-jährige KfW-Kredite zu dem Zinssatz angeboten, mit dem sich die Bundesregierung refinanziert. In den Härtefällen, in denen Eigentümer\*innen trotz des KfW-Kreditangebots ihr Eigentum verlieren oder insolvent werden würden, wird die Investition vom Bund bezuschusst.

11. **Wärmenetze auf CO<sub>2</sub>-freie Wärme umstellen und ausbauen** - In verdichteten Stadtgebieten, wo eine CO<sub>2</sub>-freie Heizung je Gebäude nicht praktikabel umsetzbar ist, stellt die Kommune sicher, dass ein Wärmenetz mit CO<sub>2</sub>-freier Wärme zu marktgerechten Preisen zur Verfügung steht (z.B. mit oberflächennaher Geothermie). Die Kommune kann dazu einen Anschlusszwang erlassen. Flankierend erstellen alle Städte bis Ende 2025 eine Wärmeplanung, um die vollen Potenziale im Stadtgebiet zu erfassen.
12. **Fachkräfte-Offensive** - Um den Fachkräfte-Engpass bei der energetischen Gebäudesanierung zu beheben, stockt der Bund die Ausbildungsvergütung in den einschlägigen Berufsgruppen um 100% auf und erlässt den Fachkräften nach Abschluss bis 2045 die Lohn- und Einkommenssteuer - wenn sie in einem Betrieb arbeiten, der mind. 50% seines Umsatzes mit energetischer Sanierung erzielt. Zudem organisiert das Arbeitsamt für diese Fachkräfte-Gruppen mit den jeweiligen Handwerkskammern eine systematische Rekrutierung in den Branchen mit rückläufiger Beschäftigung (inkl. fossile Kraftwerke und Kohle-Bergbau).

---

<sup>27</sup> GEG §72, <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>

<sup>28</sup> Ca. 14,7 Billionen € in 2020, [https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Vermoegensrechnung/vermoegensbilanzen-pdf-5816103.pdf;jsessionid=73DE3F85A52BD74E88179DE4A9F4F933.live722?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Vermoegensrechnung/vermoegensbilanzen-pdf-5816103.pdf;jsessionid=73DE3F85A52BD74E88179DE4A9F4F933.live722?__blob=publicationFile)

Wenn das nicht ausreicht, um den Fachkräfte-Bedarf zu decken, wird das bestehende Hochbauvolumen auf energetische Sanierung umgelenkt, um die notwendigen Fachkräfte-Kapazitäten dafür verfügbar zu machen. Eckdaten dazu sind:

- Das Hochbauvolumen ohne Wohnungs-Neubau war 2020 286 Mrd. €.
- Für klimaneutrale Heizung und Warmwasser-Erzeugung sind bis 2045 Bauleistungen von ca. 43 Mrd. €/a erforderlich. Das sind ca. 15% des Hochbauvolumens ohne Wohnungs-Neubau.
- In anderen Worten: die Baukapazitäten für die Klimawende sind an sich da – auch ohne den Wohnungsneubau zu gefährden.
- Wenn gesetzlich festgelegt wird, dass andere Hochbauvorhaben (außer Wohnungsneubau und Schulen) auf Basis einfacher und nachvollziehbarer Kriterien in der Genehmigung gedrosselt, wird die entsprechende Kapazität der Bauwirtschaft auf energetische Sanierung umgelenkt.

## Investitionen und Einsparungen

Diese Maßnahmen erfordern Investitionen von 938 Mrd. €. Wenn 90% des Volumens über günstige KfW-Kredite finanziert ist, dann sparen die Gebäudeeigentümer nach Abzug der Zinslast 12 Mrd. €/a ein. Bei Finanzierung aus der eigenen Liquidität sparen die Gebäudeeigentümer ca. 22 Mrd. €/a ein.

Tabelle – Investitionen und Effekte im Sektor Gebäudewärme

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
		Maßnahmen	Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.
	0	0	0	14	1	0	0	14	1
9. Vermieter tragen die Heizkosten zu 50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10. Öl- und Gas-Heizungen ersetzen	938	0	0	123	11	-2	0	121	11
11. Wärmenetze auf CO2-frei umstellen	0	0	0	53	0	-53	0	0	0
12. Fachkräfte-Offensive	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>938</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>190</b>	<b>12</b>	<b>-55</b>	<b>0</b>	<b>135</b>	<b>13</b>

Wesentliche Annahmen sind dabei:

- Die Einwohnerzahl und durchschnittliche Wohnfläche pro Einwohner bleiben bis 2045 konstant
- Der Heizbedarf geht gegenüber dem Status Quo nicht zurück (keine Berücksichtigung wärmerer Winter oder bessere Isolierung).

Die weitere Ableitung der Effekte sowie Quellen sind Abschnitt 3.3 zu entnehmen.

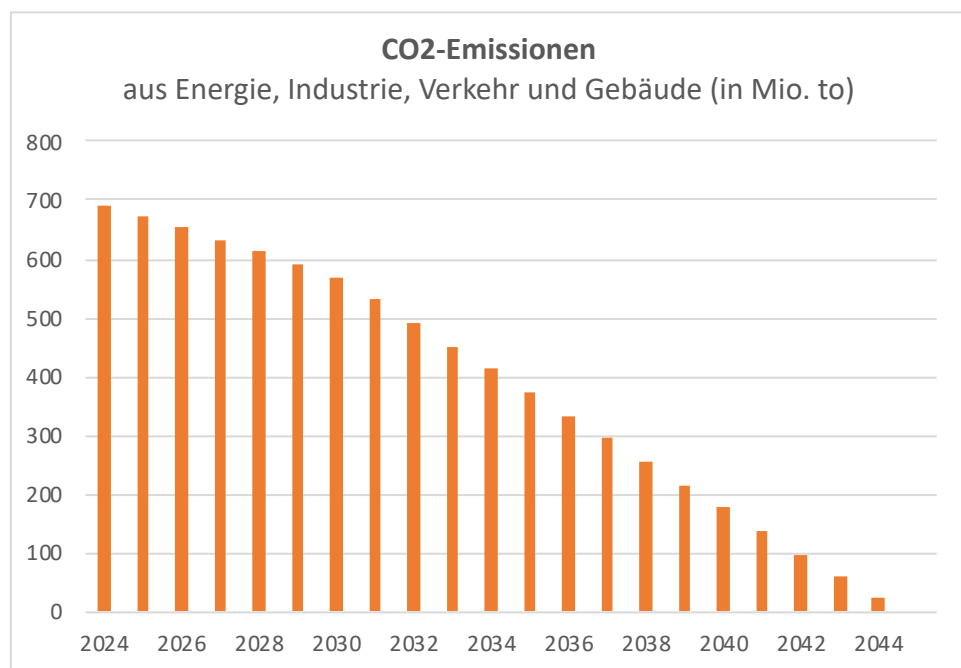
## 2.5 Gesamteffekte

### 2.5.1 CO2-Emissionen

Durch starke wirtschaftliche Anreize - in Verbindung mit klaren Geboten als „Verstärkung bei Bedarf“ - wird Klimaneutralität zuverlässig bis 2045 erreicht.

Da die Maßnahmen auf linearen Hochlauf ausgelegt sind, ganz überwiegend im Zeitraum 2024-2045, ergibt sich für die CO2-Emissionen im Scope der Roadmap auch ein relativ lineares Absinken bis zur Klimaneutralität in 2045.

#### Graphik – Entwicklung der CO2-Emissionen bei Umsetzung der Roadmap



## 2.5.2 Konjunkturreffekte

### Die Umsetzung dieser Roadmap ist ein starkes Konjunktur-Programm.

Mit Umsetzung der Kernmaßnahmen werden bis 2045 **Gesamt-Investitionen** von **2.813 Mrd. € oder 128 Mrd. € pro Jahr** getätigt:

Sektor Energieerzeugung (Strom, eFuels)	1.780 Mrd. €
Sektor Verkehr:	95 Mrd. €
Sektor Gebäudewärme:	938 Mrd. €
<b>Summe</b>	<b>2.813 Mrd. €</b>

Da diese Investitionen zum Teil andere Investitionen verdrängen, sind das aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht alles Zusatz-Investitionen. Wenn unterstellt wird, dass die Investitionen im Sektor Bauwirtschaft aufgrund knapper Kapazitäten andere Bauinvestitionen verdrängen, verbleiben **zusätzliche Investitionen** von **1.875 Mrd. € oder 85 Mrd. €/a.**

Dies ist ein hohes Investitionsvolumen aber von der deutschen Volkswirtschaft durchaus leistbar:

- Das Investitionsvolumen in Deutschland war in 2021 ca. 840 Mrd. €<sup>29</sup>. Die für Klimaneutralität nach dieser Roadmap erforderlichen, rentablen Investitionen erhöhen dieses Volumen um ca. 10%.
- Für die Deutsche Einheit und deren Nutzen für die Bevölkerung hat allein der Steuerzahler über mehr als 20 Jahre ca. 100 Mrd. € pro Jahr ausgegeben<sup>30</sup>

Zudem bleiben nach 2045 durch Ablösen der fossilen Energieimporte 75 Mrd. €/a an zusätzlicher Kaufkraft im Land (bis 2045 linear hochlaufend).

In der Volkswirtschaft gibt es den Begriff „Multiplikatoreffekt“: höhere Ausgaben im Inland erhöhen nicht nur 1:1 das Bruttoinlandsprodukt, sondern haben einen noch stärkeren Effekt: diese Ausgaben erhöhen das Einkommen von Unternehmen, die das dann wiederum anteilig an ihre Zulieferer und Mitarbeiter auszahlen, die sich damit mehr leisten können und mehr ausgeben etc. Für Deutschland gilt dabei ein „Multiplikator“ von 1,2 (d.h. 1 Mrd. € an zusätzlichen Ausgaben im Inland steigert das Bruttoinlandsprodukt um 1,2 Mrd. €)<sup>31</sup>.

In einer vereinfachten Rechnung werden die zusätzliche Kaufkraft durch den Entfall von Importen fossiler Kraftstoffe und die zusätzlichen Investitionen für die Umsetzung der Roadmap mit dem Faktor 1,2 multipliziert, um Steigerung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu ermitteln, die dieser Weg zur Klimaneutralität erzeugt.

<sup>29</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161379/umfrage/entwicklung-der-bruttoinvestitionen-in-deutschland/>

<sup>30</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Kosten\\_der\\_deutschen\\_Einheit](https://de.wikipedia.org/wiki/Kosten_der_deutschen_Einheit)

<sup>31</sup> DIW Wochenbericht Nr. 37/2019, S. 663,  
[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.678076.de/19-37-3.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.678076.de/19-37-3.pdf)

Mit der resultierenden prozentualen Steigerung des BIP werden dann die aktuellen Werte zu Erwerbstätigen, Einkommen und Umsätzen sowie Steueraufkommen der öffentlichen Hand multipliziert, um den Effekt einer Umsetzung der Roadmap auf diese volkswirtschaftlichen Faktoren zu ermitteln.

Diese Rechnung sollte zu in der Größenordnung treffenden Aussagen führen. Eine detailliertere Modellierung erfordert dann die Nutzung eines nach Branchen differenzierten ökonomischen Modells der deutschen Volkswirtschaft.

Nach dieser vereinfachten Rechnung führen die Kernmaßnahmen mit ihren

- zusätzlichen Investitionen von 85 Mrd. € pro Jahr bis Erreichen der Klimaneutralität und
- eingesparten Importen an fossilen Brennstoffen von 75 Mrd. € pro Jahr nach erreichter Klimaneutralität

zu einer durchschnittlichen **Steigerung des Bruttoinlandsprodukts bis 2045 um ca. 2,6% oder 95 Mrd. €/a und nach 2045 um 2,5% oder 90 Mrd. €/a.**

### 2.5.3 Arbeitsplätze

**Die Klimaneutralität sollte mit den bestehenden Fachkräften leistbar sein, wenn deren Einsatz entsprechend der Kernmaßnahmen verlagert wird. Die resultierende BIP-Steigerung führt aber nur dann zur Arbeitsplatzsteigerung, wenn entsprechend viele Arbeitskräfte verfügbar sind. Ansonsten entsteht „einfach“ ein Wohlstandszuwachs. Diese Differenzierung ist in diesem Abschnitt noch nicht eingearbeitet.**

**Die Umsetzung dieser Roadmap schafft 1,1 Mio. qualifizierte Arbeitsplätze.**

In der Annahme, dass der Beschäftigungs-Effekt dieser BIP-Steigerung proportional zum heutigen Verhältnis von BIP und Beschäftigung ist (3.601 Mrd. € pro 44,8 Mio. Erwerbstätige oder 1 Erwerbstätiger pro ca. 80.000€ BIP), schafft die Umsetzung der Roadmap **bis 2045 zusätzlich 1,2 Mio. Arbeitsplätze und nach 2045 zusätzlich 1,1 Mio. Arbeitsplätze.**

**Dazu kommen** die Beschäftigungseffekte von Betrieb und Instandhaltung von zusätzlich installierten Anlagen. Die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten betragen ca. 2% des o.a. Investitionsvolumens von 1.875 Mrd. € für EE-Strom und eFuels oder 37 Mrd. €/a. Wenn davon nur 20% für Lohn für Erwerbstätige in Deutschland ausgegeben werden bei Personalkosten von 60.000 € pro Jahr und Beschäftigtem, entstehen in Betrieb und Instandhaltung von Wind- und PV-Anlagen **weitere ca. 125.000 Arbeitsplätze.**

**Dem steht ein Verlust von ca. 116.000 Arbeitsplätzen entgegen** (Mittelwert der sich aus u.a. Analysen ergebenden Spanne von 27.000-205.000 Arbeitsplätzen):



- 15.000 Arbeitsplätze im **Braunkohlebergbau** (in Deutschland endete der Steinkohlebergbau 2018)
- 12.000 Arbeitsplätze in konventionellen Kraftwerken
- 0-70.000 Arbeitsplätze in **Kfz-Werkstätten** - Hier wird von Experten auf Dauer weniger Arbeitszeit und Materialkosten bei Wartung und Reparatur von Elektroautos erwartet. Derzeit scheint das aber noch nicht eindeutig belegt zu sein, ggf. weil bei ePkw derzeit noch weniger Erfahrung und Routine vorliegen. EnBW spricht von 35% Einsparung, während Autobild von eher höheren Wartungs- und Reparaturkosten berichtet<sup>32</sup>. Deshalb wird hier konservativ ein Spektrum von 0-25% weniger Aufwand und Arbeitsplätze angenommen. Basis sind die derzeit ca. 280.000 Beschäftigten in Kfz-Werkstätten<sup>33</sup>.
- 0-108.000 Arbeitsplätze in der Luftfahrt - Es ist davon auszugehen, dass die geringeren Subventionen und höhere Preise für eFuels die Flugpreise steigen und das Flugaufkommen sinken lassen. In Folge wird die Anzahl der derzeit in Deutschland bei **Luftfahrtsgesellschaften, Flughäfen sowie Boden- und Sicherheitsdiensten** 270.000 Beschäftigten<sup>34</sup> sinken. Da weniger Flüge das Einkommen in Deutschland nicht senken, sondern das Einkommen vor allem in andere Ausgabenbereiche lenkt, ist der netto Beschäftigungseffekt schwer abzuschätzen. Bei der Bewertung dieser Roadmap wird ein Netto-Beschäftigungsverlust in Höhe von 0-40% der Luftfahrt-Beschäftigten angesetzt.
- Bei Herstellern und Zulieferern der **Automobilindustrie**, war lange die Erwartung, dass ePkw weniger aufwändig in der Herstellung sind und deshalb einen Arbeitsplatzverlust nach sich ziehen würden. Nähere Analysen unterschiedlicher Institute mit detaillierten Produktionsdaten zeigen jedoch, dass bei Einbezug der Batteriefertigung – die in Europa insgesamt und in Deutschland insbesondere derzeit stark ausgebaut wird – die Herstellung von ePkw und ihrer Komponenten ähnlich personalintensiv ist wie die Herstellung von Verbrenner-Pkw<sup>35</sup>. Insofern wird **kein Netto-Personalabbau** in der Automobilindustrie unterstellt.

Damit ist auch der **Netto-Effekt bis 2045 zusätzlich 1,2 Mio. Arbeitsplätze und nach 2045 zusätzlich 1,1 Mio. Arbeitsplätze.**

---

<sup>32</sup> <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/fahren/vorteil-e-auto-niedrige-kosten-fuer-haltung-und-wartung/>

<https://www.autobild.de/artikel/elektroauto-vs.-verbrenner-kostenvergleich-15131047.html>

<sup>33</sup> 2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/165822/umfrage/beschaefigte-in-kfz-werkstaetten/>

<sup>34</sup> 330.000 Beschäftigte inkl. Flugzeug-Hersteller [https://www.bdl.aero/wp-content/uploads/2018/08/bdl\\_reportwirtschaft2016\\_web.pdf](https://www.bdl.aero/wp-content/uploads/2018/08/bdl_reportwirtschaft2016_web.pdf). Bei Abzug von 60.000 für die Flugzeughersteller, verbleiben 270.000 (alleine Airbus hatte 2020 ca. 45.000 Beschäftigte in Deutschland <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/591394/umfrage/beschaefigte-airbus-group-in-deutschland-nach-laendern/>)

<sup>35</sup> <https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/automobiler-wandel-perspektiven-fuer-die-beschaefigung-2030.html>

S. 5, <https://web-assets.bcg.com/82/0a/17e745504e46b5981b74fadba825/is-e-mobility-a-green-boost.pdf>

## 2.5.4 Untere Einkommen

Die Umsetzung der Roadmap entlastet die unteren Einkommensgruppen besonders stark: Die Kernmaßnahmen senken die Kosten von Energieverbrauchern für Heizung und Strom um ca. 28% und für Pkw-Nutzung um ca. 8%.

Auf Basis des verfügbaren Haushaltsnettoeinkommens sind hier die resultierenden absoluten und relativen Entlastungen nach Einkommensgruppe dargestellt.

Tabelle – Effekte der Roadmap-Umsetzung auf Netto-Einkommen

Monats-Nettoeinkommen		Energie-Ausgaben			Einsparung		
Spanne in €	Ø in €	Strom + Heizung (in %)	Strom + Heizung (in €/a)	Pkw (in €/a)	absolut (in €/a)	in % Energie-Ausgaben	in % Netto-Einkommen
≤1.300	891	9,5%	85	40	27	21,3%	3,0%
1.300-1.700	1.500	8,2%	123	91	41	19,2%	2,7%
1.700-2.600	2.145	7,2%	154	154	55	17,8%	2,6%
2.600-3.600	3.073	6,7%	206	237	75	17,0%	2,5%
3.600-5.000	4.235	5,9%	250	388	99	15,6%	2,3%
≥5.000	7.364	4,7%	346	388	126	17,2%	1,7%
Spannen und % Ausgaben für Strom + Heizung 2020: <a href="https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_02_p002.html">https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_02_p002.html</a>							
Durchschnitte 2020, <a href="https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&amp;levelindex=2&amp;step=2&amp;titel=Ergebnis&amp;levelid=1659712180719&amp;acceptscookies=false#abreadcrumb">https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&amp;levelindex=2&amp;step=2&amp;titel=Ergebnis&amp;levelid=1659712180719&amp;acceptscookies=false#abreadcrumb</a>							
Unterhalt und Nutzung Pkw, <a href="https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N045_639.html">https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N045_639.html</a> Die Einkommensgruppen sind etwas verschoben (≤1.100, 1.100-1.700, 1.700-2.600, 2.600-4.000, ≥4.000), die Werte aber entsprechenden Zeilen oben zugeordnet							
	27,8%	Gewichtete Einsparung Strom + Heizung bei Annahme von 25% der Ist-Kosten für Strom und 75% für Heizung. Ermittlung der Prozentualen Einsparungen aus der Bewertung der Maßnahmen-Effekte zur Stromerzeugung (8%) und Gebäudewärme (34%).					
	7,7%	Durchschnittliche Einsparung Pkw-Ausgaben geteilt durch Pkw-Kosten Golf pro km					

Die Tabelle zeigt, dass dabei im Durchschnitt

- alle Einkommensgruppen spürbar entlastet werden.
- die Kosten für Heizung/Warmwasser und Strom in den Privathaushalten im Durchschnitt um 28% sinken.
- die relative Entlastung stärker in den unteren Einkommen ist (in der untersten Einkommensgruppe fast doppelt so hoch wie in der obersten), da Energiekosten bei unteren Einkommen einen deutlichen höheren Anteil an deren Gesamtausgaben haben.
- die absolute Entlastung stärker in den höheren Einkommensgruppen ist, da diese auch deutlich mehr Energie verbrauchen (größere Wohnungen, mehr Komfort, mehr Reisen).

## 2.5.5 Öffentliche Haushalte

**Die Klimawende ist haushaltsentlastend machbar – mit einem PLUS für öffentliche Haushalte von 8 Mrd. €/a bis 2045 und 43 Mrd. €/ nach 2045**

Tabelle – Effekte der Roadmap auf öffentliche Haushalte

Position (in Mrd. €)	Durchschnitt pro Jahr bis 2045				pro Jahr nach 2045			
	Gesamt	Bund	Länder	Gemeinden	Gesamt	Bund	Länder	Gemeinden
Zuschüsse	-13	-13			-4	-4		
Einnahmenausfälle	-19	-19			0			
Subventionsabbau	19	19			21	21	0	0
Einnahmen aus EE-Ansiedlung	6			6	11			11
Steuereinnahmen aus BIP-Wachstum	17	7	7	3	16	7	7	3
<b>Gesamt</b>	<b>9</b>	<b>-6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>43</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>14</b>

Dies ergibt sich aus mehreren Bausteinen (hier jeweils für den Zeitraum bis 2045 erläutert):

- **Zuschüsse** – Dies sind Zuschüsse und Steuererleichterungen, die in Fokus von Politik und Medien stehen, wenn von Belastung öffentlicher Haushalte durch die Klimawende die Rede ist. Sie liegen nach dieser Roadmap bei **13 Mrd. €/a**.
- **Energiesteuern** – Eine weitere Belastung der Klimawende entsteht aus dem sukzessiven Entfall der Einnahmen aus Steuern auf fossile Kraft- und Brennstoffe 2045. Dem wirkt das durch die zunehmende Elektrifizierung von Verkehr und Gebäudewärme steigende Aufkommen der Stromsteuer entgegen. Der Netto-Effekt belastet die öffentlichen Haushalte mit **19 Mrd. € pro Jahr**.
- **Subventionen für fossile Kraftstoffe** – Dem stehen entlastend zusätzliche Einnahmen von ca. **19 Mrd. €/a** gegenüber, weil Dieselprivileg sowie die Befreiung von Kerosin und Auslands-Flügen von der Umsatzsteuer auslaufen.
- Gemeinden nehmen aus der **Ansiedlung von EE-Erzeugung** im Durchschnitt zusätzlich **6 Mrd. €/a** ein.
- **Die resultierende Steigerung des Bruttoinlandsprodukts** erhöht in Folge das Aufkommen aus Umsatz-, Lohn- und Einkommens-, Gewerbe- und Körperschaftssteuer um ca. **17 Mrd. €/a**.

**Nach 2045 steigt der Nutzen für öffentliche Haushalte auf 43 Mrd. €/a an.** Dies liegt vor allem am weitgehenden Entfall von Zuschüssen, da die Klimawende dann abgeschlossen ist, sowie an der Wiedereinführung einer Energiesteuer oder anderer so aufkommensstarker Steuern auf die dann CO<sub>2</sub>-freie Volkswirtschaft.

Vereinfachend kann man sagen, dass (weitgehend) gegenfinanziert werden:

- Entfall des Energiesteuer-Aufkommens durch den Abbau von Subventionen.
- Zuschüsse durch das BIP-Wachstum.

In den Jahren **2024-2026** entsteht für die öffentliche Hand ein begrenzter **Vorfinanzierungsbedarf von ca. 13 Mrd. €** (Zuschüsse werden schon ausgezahlt, Einnahmeneffekte folgen mit Verzug). Schon ab 2027 entsteht der öffentlichen Hand bei Umsetzung der Roadmap ein positives Finanzierungssaldo.

Wenn der Bund alle Zuschüsse und Fördermittel übernimmt, fällt das Saldo entsprechend der Zuteilungsregeln für das Steueraufkommen an auf

- **Bundesebene** mit -6 Mrd. €/a bis und +23 Mrd. €/a nach 2045
- **Landesebene** mit +7 Mrd. €/a bis und + 7 Mrd. €/a nach 2045
- **kommunalen Ebene** mit +8 Mrd. €/a bis und +14 Mrd. €/a nach 2045

Wenn das **Saldo auf Bundesebene auch bis 2045 positiv** ausfallen soll, ist eine **Umverteilung** der Lasten und Entlastungen **zwischen Bundesebene sowie Landes- und kommunaler Ebene erforderlich**, z.B. durch befristete Änderungen der Schlüssel, nach denen das Aufkommen aus der Lohn- und Einkommenssteuer oder der Umsatzsteuer zwischen diesen Verwaltungsebenen verteilt wird.

## 2.5.6 Gesamt-Investitionen und -Effekte

In der Summe der Abschnitte 2.2-2.5.5 ergeben sich die u.a. Gesamt-Investitionen und -Effekt. Das zeigt: die Umsetzung der Roadmap erfordert erhebliche Investitionen –und schafft zugleich erhebliche positive Effekte für Energieerzeuger, Energieverbraucher und die öffentliche Hand.

Tabelle – Gesamt-Investitionen und -Effekte für die Umsetzung dieser Roadmap

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte Energieerzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
		Summe Invest	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.
Energieerzeugung	1.780	812	74	68	19	-347	7	533	100
Verkehr	95	7	1	139	38	411	21	557	59
Gebäudewärme	938	0	0	190	12	-55	0	135	13
Konjunkturreffekte				1.192	51	367	16	1.558	67
<b>Summe</b>	<b>2.813</b>	<b>820</b>	<b>75</b>	<b>1.588</b>	<b>121</b>	<b>376</b>	<b>43</b>	<b>2.784</b>	<b>239</b>

Weitere Ableitungen der Effekte sowie Quellen sind Abschnitt 3.4 zu entnehmen.

## 2.5.7 Bei Energiepreisen 2021

### Auch bei den „alten“ Energiepreisen von 2021 sind die Effekte ähnlich

Wenn in Zukunft die Energiepreise auf das Niveau von 2021 sinken sollten, ergeben sich bei Umsetzung der Roadmap ähnliche wirtschaftliche Effekte wie bei der Energiepreisen von 2022. Lediglich die Einsparungen bei Energieverbrauchern liegen bis 2045 kumuliert um ca. 200 Mrd. € tiefer, was die Amortisation der Investitionen um ca. 1 Jahr auf 2046 verlängert.

Tabelle – Gesamt-Investitionen und -Effekte für die Umsetzung der Roadmap bei Energiepreisen 2021

(Werte in Mrd. €)	Investition	Effekte Energieerzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte Öffentliche		Summe Effekte	
		Summe Invest	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.	nach 2045	bis 2045 kum.
Energieerzeugung	1.780	812	74	98	22	-377	4	533	100
Verkehr	95	7	1	81	38	411	21	499	59
Gebäudewärme	938	0	0	20	-3	-55	0	-35	-3
Konjunkturreffekte				1.192	51	367	16	1.558	67
<b>Summe</b>	<b>2.813</b>	<b>820</b>	<b>75</b>	<b>1.390</b>	<b>109</b>	<b>346</b>	<b>41</b>	<b>2.556</b>	<b>224</b>

## 2.6 Abgleich mit anderen Studien

Es gibt andere Konzepte und Studien mit dem Ansatz den Weg zur Klimaneutralität gesamthaft mit Maßnahmen zu unterlegen und wirtschaftlich zu bewerten. Zwei davon werden hier mit ihren Ähnlichkeiten und Unterschieden zu dieser „Roadmap Klimaneutralität“ in Eckpunkten beschrieben:

- „Klimapfade 2.0“ (BCG im Auftrag des BDI)
- „Gesamtwirtschaftlich Effekte der Energiewende“

Eine Reihe anderer Studien sind nur begrenzt vergleichbar, weil sie

- von einem Referenz-Szenario ausgehen, das eine relevante CO<sub>2</sub>-Reduktion unterstellt, aber nicht wirtschaftlich bewertet, so dass sich Investitionen und Kosten nur auf zusätzliche Maßnahmen beziehen<sup>36</sup> oder
- Gesamt-Investitionen und Kosteneffekte gar nicht behandeln und insofern kaum vergleichbar sind.

<sup>36</sup> S. 49, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Green-Finance-und-Klimaneutralitaet.pdf>

## Klimapfade 2.0

„Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“<sup>37</sup> wurde 2021 im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie e.V. (BDI) durch die Boston Consulting Group (BCG) erstellt.

### Fazit

Wesentliche Aussagen beider Arbeiten sind ähnlich: welche Kernmaßnahmen sich am ehesten eignen, um wirksam und wirtschaftlich zur Klimaneutralität zu gelangen, welche Aufgaben dabei der öffentlichen Hand zu fallen und die Größenordnung der dazu erforderlichen Investitionen und dass **Klimaneutralität bis 2045 grundlegend machbar** ist

Die wesentlichen **Unterschiede** sind, dass „Klimapfade 2.0“

- die **Kosteneffekte** der Kernmaßnahmen **deutlich pessimistischer** ansetzt (-16 Mrd. €/a anstatt +100 Mrd. €/a bei 50% CO<sub>2</sub>-Reduktion), so dass die Nutzer etwas belastet anstatt erheblich entlastet werden.
- der **Bedarf an EE-Strom** deutlich niedriger angesetzt wird

Der **Gegenstand** beider Arbeiten ist ähnlich

- Im Wesentlichen werden dieselben **Sektoren** betrachtet (Klimapfade 2.0: zusätzlich Landwirtschaft).
- Der Weg zur Klimaneutralität baut auf einer überschaubaren Anzahl von **Kernmaßnahmen** auf.
- Bei diesen werden dann in beiden Arbeiten quantifiziert: **CO<sub>2</sub>-Effekte, Investitionsbedarf, Kostenwirkung und der direkte Effekt auf öffentliche Haushalte**.

Zwei deutliche Unterschiede sind, dass „Klimapfade 2.0“ **Effekte**

- auf das **Bruttoinlandsprodukt** (hier nur Verweis auf Vorstudie 2018), **Arbeitsplätze und deren Entlastung für öffentliche Haushalte nicht bewertet**.
- **nur bis 2030 oder 50% CO<sub>2</sub>-Reduktion bewertet**, während „Roadmap Klimaneutralität“ die Effekte bis 2045 und 100% CO<sub>2</sub>-Reduktion bewertet.

Die **Kernmaßnahmen** der Arbeiten sind **in vielem ähnlich**. Zwei Ausnahmen sind: „Klimapfade 2.0“ unterstellt, dass **eFuels**

- vor allem im Ausland anstatt im Inland produziert werden. Damit gehen die dazu erforderlichen Investitionen nicht in die Gesamtinvestitionen ein.
- beim eingesetzten Strom nicht von Steuern und Abgaben befreit werden.

---

<sup>37</sup> <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>

In der Bewertung von **Kernmaßnahmen** bestehen deutliche Unterschiede:

- Bei der **erforderlichen EE-Stromerzeugung** bei Klimaneutralität geht „**Klimapfade 2.0**“ von ca. **1.000 TWh/a** aus, „**Roadmap Klimaneutralität**“ von ca. **2.240 TWh/a**. Von der Differenz sind ca. 300 TWh/a erklärbar, durch die unterschiedlichen Annahmen, ob die in Deutschland eingesetzten eFuels im Ausland oder Inland erzeugt werden. Weitere ca. 380 TWh/a der Differenz sind auf die nur in der Roadmap vorgesehene Rückverstromung von eFuels zurückzuführen. Da die Berechnung der erforderlichen Stromerzeugung in „Klimapfade 2.0“ nicht erkennbar aufgeschlüsselt ist, ist die verbleibende Differenz von ca. 560 TWh/a nicht erklärbar.
- Bei den für Klimaneutralität erforderlichen Investitionen liegt nach Berücksichtigung der unterschiedlichen Annahmen, wo eFuels hergestellt werden noch eine **Differenz von ca. 340 Mrd. € oder 40%**. Diese ist insbesondere durch die in „Klimapfade 2.0“ nicht nachvollziehbar niedrig angesetzten spezifischen **Investitionsbeträge für EE-Stromerzeugung erklärbar**.
- „Klimapfade 2.0“ geht von einer **Steigerung der Strompreise um 6 cent/kWh** durch die Kernmaßnahmen aus. Das scheint in der Studie nicht abgeleitet zu sein und nicht plausibel, da die Herstellkosten für EE-Strom niedriger sind als bei den derzeit im Strommix noch vorherrschenden fossilen und Atomkraftwerke. Aus der Migration zu 100% EE-Strom leitet „Roadmap Klimaneutralität“ eine **Senkung der Strompreise um 3 cent/kWh** ab. Allein das macht bei den von „Klimapfade 2.0“ unterstellten Strommengen einen **Unterschied von 85 Mrd. €/a** aus.
- Nicht zuletzt basiert „Klimapfade 2.0“ auf den bei seiner Erstellung vorliegenden Energiepreisen von 2019. Die mittlerweile erfolgten fossilen Energiepreissteigerungen, die in der Größenordnung als dauerhaft einzuschätzen sind (billiges russisches Gas wird für Deutschland nicht mehr verfügbar sein und die westlichen Sanktionen auf russisches Öl werden über viele Jahre bleiben) konnten in Klimapfade 2.0 nicht reflektiert werden und machen in 2045 ca. **30 Mrd. €/a** an zusätzlichen Einsparungen durch Klimaneutralität aus.

Diese Bewertungs- und Maßnahmenunterschiede erklären im Wesentlichen die unterschiedlichen Mehr- bzw. Minderkosten der beiden Konzepte.

## Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende

„Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende“ wurde von GWS, Prognos, DIW, dlr und Fraunhofer ISI<sup>38</sup> erarbeitet und in 2018 veröffentlicht. Auch die KfW verweist auf diese Studie<sup>39</sup>.

**Fazit** - In den zentralen Eckdaten Primärenergiebedarf, Investitionsbedarf und BIP-Effekt liegen diese Studie und die „Roadmap Klimaneutralität“ nahe beieinander, wenn man einige Grundannahmen harmonisiert.

### Ähnlichkeiten und Unterschiede sind:

- **Gegenstand** – Ähnlich ist, dass eine Fortschreibung des Status Quo (ohne weitere CO<sub>2</sub>-reduzierende Maßnahmen als Referenz herangezogen wird (in der o.a. Studie genannt „kontrafaktisches Szenario“. Als Zeitraum für die Erreichung der Klimaneutralität setzt die Studie dagegen 2000-2050 angesetzt anstatt 2024-2045 wie in der „Roadmap Klimaneutralität“. Nicht Gegenstand der Studie Effekte auf öffentliche Haushalte und Effekte nach Erreichen der Klimaneutralität.
- **Primärenergiebedarf bei Klimaneutralität** – In der Studie liegt der Primärenergieverbrauch bei Klimaneutralität in 2050 bei 6.993 PJ oder 1.994 TWh<sup>40</sup>. Das ist sehr nahe an den in „Roadmap Klimaneutralität“ ermittelten 2.241 TWh.
- **Investitionen** – Die bis zum Erreichen der Klimaneutralität erforderlichen Investitionen setzt die Studie bei 2.150 Mrd. € an<sup>41</sup>. Die „Roadmap Klimaneutralität“ ermittelt dazu erforderliche Investitionen von 2.813 Mrd. €. Der Unterschied ist aus den unterschiedlichen Annahmen zu den spezifischen Investitionskosten je kWp für Wind- und PV-Anlagen sowie den Investitionen für eFuel-Rückverstromung bei „Roadmap Klimaneutralität“ weitgehend erklärbar.
- **BIP-Steigerung** – Diese Studie ermittelt eine preisbereinigte Steigerung des BIP um 2,7% gegenüber 2020 nach erreichter Klimaneutralität<sup>42</sup>. Die „Roadmap Klimaneutralität“ ermittelt bei Erreichender Klimaneutralität eine BIP-Steigerung von 2,6% und danach von 2,5%. Insofern decken sich die Aussagen qualitativ (positive BIP-Effekte) als auch quantitativ sehr gut.
- **Arbeitsplätze** – Diese Studie ermittelt eine Zunahme der Erwerbstätigen um insg. ca. 300.000-400.000<sup>43</sup>. Das liegt deutlich unter der Modellierung der „Roadmap Klimaneutralität“ mit ca. 1 Million zusätzlicher Erwerbstätiger. Die Ursachen sind schwer nachzuvollziehen, da die Studie das komplexe ökonomische Input-Output-Modell PANTHA RHEI der deutschen Volkswirtschaft nutzt.

---

<sup>38</sup> <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>

<sup>39</sup> S. 43, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Green-Finance-und-Klimaneutralitaet.pdf>

<sup>40</sup> S. 33, <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>

<sup>41</sup> S. 113, <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>

<sup>42</sup> S. 77, (BIP-Zuwachs 2050-2020) / BIP 2020 von 3.405 Mrd. €, <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>

<sup>43</sup> S. 80, <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>



### 3 Ableitung der Werte

In diesem Kapitel werden die Werte je Sektor in folgendem Aufbau abgeleitet:

- Basisdaten und deren Quellen
- Ableitung der Einzelwerte in den Tabellen „Übersicht Investitionen und Effekte“ aus diesen Basisdaten sowie Start- und End-Datum der Maßnahme

Zur besser nachvollziehbaren Ableitung sind dem Sektor Energieerzeugung zugeordnet alle aus Ausbau der Erzeugung von EE-Strom und eFuels resultierenden

- Investitionen
- Preis-Effekte
- Mehr- und Mindereinnahmen der öffentlichen Hand für Energiesteuern und -subventionen

Den Sektoren Verkehr und Gebäudewärme sind dementsprechend dann nur noch die zusätzlichen Investitionen und Effekte aus Beschaffung und Betrieb von eKfz, Ladesäulen sowie Wärmepumpen und anderer energetischer Gebäudesanierung zugeordnet.

Bei den Einzelwerten

- „Investitionen“ sind die durch die Maßnahmen entstehenden zusätzlichen Beiträge (beim Kauf von eKfz im normalen Reinvest-Zyklus z.B. nur die Zusatzkosten für eKfz gegenüber Verbrenner-Kfz) ausgewiesen.
- „Effekte kumuliert bis 2045“ sind alle weiteren Effekte auf den Cash Flow des jeweiligen Sektors (Einsparungen, Zusatzkosten) ausgewiesen. Diese ergeben sich aus der Summe dieser beiden Komponenten:
  - In den Jahren nach Ende der Maßnahme und bis 2045: der jährliche Effekt bei voller Umsetzung der Maßnahme, multipliziert mit der Anzahl der Jahre.
  - In den Jahren von Start bis Ende der Maßnahme: Der Maßnahmen-Hochlauf ist vereinfachend immer als linear unterstellt. Damit ist der durchschnittliche Effekt über den Hochlauf die Hälfte des Effekts bei voller Umsetzung. Der kumulierte Effekt während des Hochlaufs ist dann der jährliche Effekt bei voller Umsetzung, geteilt durch zwei und multipliziert mit der Dauer der Maßnahme in Jahren.

#### 3.1 Energieerzeugung

##### Basisdaten

Die Berechnung des zukünftigen Bedarfs an EE-Strom sowie die Bewertung der Kernmaßnahmen zur Energieerzeugung bauen auf diesen Basisdaten auf.

## Tabelle Basisdaten Energieerzeugung

Faktor	Wert	Einheit	Quelle
Primärenergieeinsatz 2021 nach Quellen	siehe unten	PJ	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
TWh/PJ	0,278		<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Größenordnungen_der_Energie#Petajoule_-_PJ">https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Größenordnungen_der_Energie#Petajoule_-_PJ</a>
Primärenergieeinsatz Biomasse 2020	1.146		S. 39, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
Primärenergieeinsatz PV, Wind, Wasser, Geo 2020	826		S. 39, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
Mineralölverbrauch - schwere Lkw, Schiff, Dieselizeug	612	PJ	2018, S. 61, S. 78, S. 75 - <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf</a>
Anteil davon zukünftig durch Strom ersetzt	50%		These: durch eine Kombination von batterieelektrischen bzw. Oberleitungs-LKW
Mineralölverbrauch - andere Kfz	1.591	PJ	2018, S. 61 - <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf</a>
Mineralölverbrauch - Flug	400	PJ	2018, S. 84- <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf</a>
Energieverluste bei Synthese flüssige Kraftstoffe aus Strom (P2L)	50%		<a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle">https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle</a>
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch Verbrenner-Pkw	7,40	l/100 km	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe">https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe</a>
Energie pro liter Benzin	8,71	kWh	MJ/kg x l/kg / 3,6 MJ pro kWh. S. 30,
Durchschnittlicher Energieverbrauch Verbrenner-Pkw	64,5	kWh/100 km	Multiplikation durchschnittlicher Verbrauch in l mal Energie pro Liter
Durchschnittlicher Energieverbrauch Elektro-Pkw	15,0	kWh/100 km	<a href="https://www.verivox.de/elektromobilitaet/themen/verbrauch-elektroauto/">https://www.verivox.de/elektromobilitaet/themen/verbrauch-elektroauto/</a>
Verbrauch Elektro-Pkw in % Verbrauch Verbrenner-Pkw	23,3%		Durchschnittlicher Energieverbrauch Elektro-Pkw / Durchschnittlicher Energieverbrauch Verbrenner-Pkw
Mineralölverbrauch - Heizung	16,4	Mio. to/a	Verbrauch 2021, S. 13, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-">https://ag-energiebilanzen.de/wp-</a>
PJ pro Mio. to Mineralöl	42,8		S. 13, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-">https://ag-energiebilanzen.de/wp-</a>
Weitere Mineralölverbräuche	839	PJ/a	Dies sind die nicht eindeutig Verkehr oder Heizung zugeordnete Mineralölverbräuche auf S. 13,
Typische Jahresarbeitszahl Luft-Luft-Wärmepumpe	3,5		<a href="https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/01_Verband/Webinare/BWP_24.03.2021_Vortrag_PwC.pdf">https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/01_Verband/Webinare/BWP_24.03.2021_Vortrag_PwC.pdf</a>
Gasverbrauch Stromerzeugung	134	PJ/a	Gasverbrauch 2020 Industrie gesamt laut S. 19, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-">https://ag-energiebilanzen.de/wp-</a>
Gasverbrauch Industriekraftwerke	497	PJ/a	Gasverbrauch 2020 Industrie gesamt laut S. 19, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/03/AGEB_Jahresbericht2020_20220325_dt.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/03/AGEB_Jahresbericht2020_20220325_dt.pdf</a> minus Industrie gesamt laut S.
Gasverbrauch für Prozesswärme - Industrie und GHD	756	PJ/a	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Gasverbrauch für Heizung+WW - Industrie, GHD und private Haushalte inkl. Fernwärme	1.633	PJ/a	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Differenz zu Primärenergieverbrauch Gas Gesamt	3,7%		Primär Energieverbrauch gesamt aus <a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
Verbrauch Steinkohle für Prozesswärme - Industrie	359		<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Prozesswärme Industrie (Gas und Steinkohle) zukünftig durch eFuels erzeugt, da nicht sinnvoll durch Strom oder erneuerbare Wärme ersetzbar	168		S. 83, <a href="https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf">https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf</a>
Energieverluste bei Synthese Wasserstoff aus Strom (P2G)	25%		<a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle">https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle</a>
Wirkungsgrad thermische Kraftwerke	43,8%		Durchschnittlicher Bruttowirkungsgrad fossiler Kraftwerke, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraftwerke-konventionelle-erneuerbare#weitere-">https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraftwerke-konventionelle-erneuerbare#weitere-</a>
Wirkungsgrad moderne GuD-Kraftwerke	60,0%		BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., <a href="https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/gud/index.html">https://lernbausteine.energie-macht-schule.de/index/gud/index.html</a>
PV - jährliche Energieerzeugung je kW-peak in Deutschland	1.105	kWh/a/kWp	S. 14, mittlerer Wert für Deutschland, <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_St">https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_St</a>
OnShore Wind - jährliche Energieerzeugung je kW-peak in Deutschland	1.800	kWh/a/kWp	S. 14, <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf">https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf</a>
PV - Investition je kWp	665	€/kWp	S. 11, Freiflächen-Anlagen ohne Batterie, mittlerer Wert für Deutschland, <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf">https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf</a>
Wind - Investition je kWp	1.700	€/kWp	S. 11, Wind OnShore, <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf">https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf</a>
Wind-an-Land - erforderliche Fläche pro GWp	44	qkm/GWp	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/the">https://www.umweltbundesamt.de/the</a>
in Deutschland mit Energiepflanzen bepflanzte Fläche	21.567	qkm	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153072/umfrage/anbauflaeche-von-energiepflanzen-in-deutschland-nach-sorten-seit-2007/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153072/umfrage/anbauflaeche-von-energiepflanzen-in-deutschland-nach-sorten-seit-2007/</a>
Potenzial PV-auf-Dach in Deutschland	161	GWp	S. 12, <a href="https://mediatum.ub.tum.de/doc/969497/969497.pdf">https://mediatum.ub.tum.de/doc/969497/969497.pdf</a>
Durchschnittlicher Preis Benzin und Diesel Dezember 2021	1,95	kWh/Liter	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle">Durchschnittlicher Benzinpreis in €/Liter</a> <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1690/umfrage/preis-fuer-einen-liter-superbenzin-">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1690/umfrage/preis-fuer-einen-liter-superbenzin-</a>
Energiegehalt Benzin und Diesel	9,15	kWh/Liter	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1690/umfrage/preis-fuer-einen-liter-superbenzin-">Wert für Diesel (9,26 kWh/l) und Benzin (9,04 kWh/l) nahe beieinander. Deshalb zur Vereinfachung einen Durchschnittswert.</a>

## Bedarf an EE-Strom bei Klimaneutralität

Für die Ermittlung des Bedarfs an EE-Strom wird der heutige Einsatz an Primärenergie nach Einsatzzwecken in den zukünftigen Bedarf an erneuerbaren Energien übersetzt. Dabei wird der heutige Einsatz korrigiert um die durch Umsetzung der Roadmap erzielte höhere Effizienz (Ersatz Verbrenner-Kfz durch eKfz, Öl- und Gasheizungen durch Wärmepumpen) oder niedrigere Effizienz (Syntheseverluste bei Erzeugung eFuels). Es wird entsprechend Abschnitt 2.2 unterstellt, dass EE-Strom den gesamten zukünftigen Bedarf an Primärenergie abdeckt, außer dem heute schon mit Biomasse abgedeckten Bedarf. Weiter ist unterstellt, dass der gesamte EE-Zubau mit Wind- und PV-Anlagen erfolgt.

Tabelle - Bedarf an erneuerbarer Energie und Zubau von EE-Strom bei Erreichung der Klimaneutralität mit der Roadmap Klimaneutralität Deutschland

Einsatzzweck	Energieeinsatz 2020		Für den Einsatzzweck 2045 verbleibender Strombedarf nach Umstellung auf EE-Strom als		Kommentar
	PJ	TWh	Umrechnung in Bedarf EE-Strom	TWh	
<b>... bisher bereits durch erneuerbare Energien abgedeckt</b>					
Biomasse	1.146	319	100%	319	Annahme: dieser Energiebedarf soll auch in 2045 durch Biomasse abgedeckt werden
Erneuerbarer Strom (PV, Wind, Wasser, Geo)	826	230	100%	230	
<b>Summe</b>	<b>1.972</b>	<b>548</b>		<b>548</b>	
<b>... bisher durch fossile Energien und Atomenergie abgedeckt, zukünftig durch EE-Strom abzudecken</b>					
Mineralöl - Pkw, leichte Nutzfahrzeuge	1.591	442	23%	103	Annahme: Pkw und leichte Nutzfahrzeuge werden ganz auf vollelektrische Fahrzeuge umgestellt
Mineralöl - schwere Lkw, Dieseltzüge, Schiff - zukünftig durch Strom ersetzt	306	85	23%	20	Annahme: Der bisher für schwere LKW, Zug und Schiff eingesetzte Anteil des Mineralölverbrauchs wird zukünftig zur Hälfte durch flüssige eFuels ersetzt und zur Hälfte durch eine Kombination von elektrischen Oberleitungen (Zug und Lkw) sowie batterieelektrischen Antrieben
Mineralöl - schwere Lkw, Dieseltzüge, Schiff - zukünftig durch eFuels ersetzt	306	85	200%	170	Annahme: Der bisher für schwere LKW, Zug und Schiff eingesetzte Anteil des Mineralölverbrauchs wird zukünftig zur Hälfte durch flüssige eFuels ersetzt und zur Hälfte durch eine Kombination von elektrischen Oberleitungen (Zug und Lkw) sowie batterieelektrischen Antrieben
Mineralöl - Flug	400	111	200%	111	Annahme: Der bisher für Flug eingesetzte Anteil des Mineralölverbrauchs wird zukünftig durch flüssige eFuels ersetzt. Dadurch steigen die Treibstoffkosten von 4-5 cent/kWh auf ca. 21 cent/kWh. Da Kerosin bisher schon 20-25% der Gesamtkosten von Fluggesellschaften ausmacht, verdoppeln sich schon dadurch die Flugkosten in etwa. Dazu kommt dann noch die Mehrwertsteuer für internationale Flüge. These: dies wird den Verbrauch von Kerosin halbieren.
Mineralöl - Heizung	702	195	29%	56	Annahme: Heizöl wird ganz durch Wärmepumpen mit o.a. JAZ ersetzt
Gas - Heizung+WW - Industrie, GHD, private Haushalte	1.633	454	29%	130	Annahme: Gas für Heizung + WW wird ganz durch Wärmepumpen mit o.a. JAZ ersetzt
Gas - Prozesswärme - Industrie und GHD - durch Strom ersetzbar	587	163	100%	163	
Gas - Prozesswärme - Industrie und GHD - durch eFuels zu ersetzen	168	47	133%	62	Annahme: Der durch grünen Wasserstoff ersetzte Primärenergieeinsatz wird mit den o.a. Energieverlusten erzeugt
Steinkohle - Prozesswärme - Industrie - durch Strom ersetzbar	305	85	100%	85	
Steinkohle - Prozesswärme - Industrie - durch eFuels zu ersetzen	54	15	133%	20	Annahme: Der durch grünen Wasserstoff ersetzte Primärenergieeinsatz wird mit den o.a. Energieverlusten erzeugt
Gas - Stromerzeugung	631	175	44%	77	Annahme: Gas für Heizung + WW wird ganz durch Wärmepumpen mit o.a. JAZ ersetzt
Steinkohle - andere	747	208	44%	91	Einsatz Steinkohle gesamt abzgl. Einsatz für Prozesswärme Industrie, <a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
Braunkohle	1.130	314	44%	138	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
Kernenergie	753	209	44%	92	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/">https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/</a>
<b>Insgesamt durch Ausbau EE-Strom zu ersetzen</b>	<b>9.313</b>	<b>2.589</b>		<b>1.317</b>	
zusätzliche EE-Stromerzeugung, um schwankende EE-Stromerzeugung mit eFuel-Rückverstromung zu puffern				376	Bei Pufferung von 10% des Endenergie-Strombedarfs durch Synthese und Rückverstromung sowie o.a. Verlusten bei Wasserstoffsynthese und Umwandlungsverluste GuD-Kraftwerke
<b>Insgesamt erforderlicher Zubau</b>				<b>1.693</b>	
<b>Gesamt</b>	<b>11.285</b>	<b>3.137</b>		<b>2.241</b>	

## Erforderlicher EE-Zubau bei Klimaneutralität

Für den erforderlichen Zubau an Strom aus Wind- und PV-Anlagen, wird in „Tabelle Zubau EE-Strom“ ermittelt, welcher Zubau an Wind-an-Land bzw. Freiflächen-PV erforderlich wäre, um diesen Bedarf abzudecken.

Tabelle Zubau EE-Strom

Faktor	Wind Onshore	PV Freifläche
Zubau an TWh/a	1.693	1.693
Jahre Zubau von 2024 bis 2045	22	22
Damit erforderlicher jährlicher Zubau in TWh/a	77	77
kWh/a je kWp	1.800	1.105
Erforderlicher Gesamt-Zubau an GW-peak, wenn Ausbau alleine mit Wind bzw. PV erfolgt	940	1.532
Erforderlicher jährlicher Zu-bau GW-peak, wenn Ausbau alleine mit Wind bzw. PV	43	70
qm/kWp Freiflächen-PV, <a href="https://rechneronline.de/photovoltaik/freiflaeche.php">https://rechneronline.de/photovoltaik/freiflaeche.php</a> qm/kWp Wind-Land, <a href="https://www.naturschutz-energiewende.de/kompetenzzentrum/presse/pressemitteilungen/zum-flaechenbedarf-der-windenergie/">https://www.naturschutz-energiewende.de/kompetenzzentrum/presse/pressemitteilungen/zum-flaechenbedarf-der-windenergie/</a>	41,5	11,1
Erforderliche qkm, wenn vom EE-Strom 25% aus Wind-an-Land bzw. 50% aus Freiflächen-PV erzeugt werden	11.763	10.261
qm pro Einwohner	141	123
Heute mit Energiepflanzen	21.567	21.567
In % Fläche Deutschland	3,3%	2,9%

## Kosten eFuels

In „Tabelle Herstellkosten eFuels“ wird ermittelt, was bei Einsatz von EE-Strom zu 5 cent/kWh die Herstellung von grünem Wasserstoff bzw. von eFuel-Ersatz für flüssige, fossile Kraftstoffe pro kWh bzw. Liter kostet.

Tabelle Herstellkosten eFuels

Faktor	Erläuterung
1,95	Durchschnittspreis Benzin und Diesel Dezember 2021 (€/Liter)
9,15	Energiegehalt fossile Kraftstoffe Benzin und Diesel in kWh/l
0,213	Kosten Benzin/Diesel in €/kWh Energiegehalt
33,3	kWh/kg Wasserstoff, <a href="https://www.planet-energie.de/index2.html?/de/planet/zukunft_h2/energiespeicher.html~Planungsgemeinschaft">https://www.planet-energie.de/index2.html?/de/planet/zukunft_h2/energiespeicher.html~Planungsgemeinschaft</a>
4,82	€/kg Herstellungskosten grüner Wasserstoff bei Stromkosten von 5 cent/kWh, einer Anlagenkapazität von 400 MW und einer Auslastung von ca. 1.500 Stunden/Jahr - siehe S. 8+9, <a href="https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf">https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf</a>
0,145	Herstellkosten grüner Wasserstoff in €/kWh Energiegehalt bei Stromkosten von 5 cent/kWh, einer Anlagenkapazität von 400 MW und einer Auslastung von ca. 1.500 Stunden/Jahr
1,323	Herstellkosten grüner Wasserstoff in € für den Energiegehalt eines Liter Benzin/Diesel
0,207	Kosten grüner Kraftstoff (flüssig) in €/kWh Energiegehalt bei o.a. Herstellkosten für grünen Wasserstoff und 30% Umwandlungsverlusten (siehe S. 15, <a href="https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf">https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf</a> )
1,890	Herstellkosten grüner Kraftstoff (flüssig) in € für den Energiegehalt eines Liter Benzin/Diesel

## Die Investition und Effekte der Kernmaßnahmen sind:

Tabelle – Investitionen und Effekte der Kernmaßnahmen Energieerzeugung

(Werte in Mrd. €)	Investition				Effekte Energieerzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
	Energie-Erzeuger	En.-Verbraucher	öffentl. Hand	Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.
1. EE-Strom stark ausbauen	737	0	0	737	339	31	692	63	-421	0	610	94
2. Kommunen weisen die Flächen dazu aus	0	0	0	0	0	0	-123	-11	123	11	0	0
3. Stromnachfrage und -angebot flexibilisieren	608	0	0	608	280	25	-333	-30	0	0	-53	-5
4. eFuels stark ausbauen	421	7	7	434	194	18	-168	-2	-49	-4	-23	11
5. Emissionshandel konsequent nutzen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>1.767</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1.780</b>	<b>812</b>	<b>74</b>	<b>68</b>	<b>19</b>	<b>-347</b>	<b>7</b>	<b>533</b>	<b>100</b>

Zur einfacheren Ableitung werden der Maßnahme 1 zugeordnet alle

- Investitionen des EE-Strom-Ausbaus außer Investitionen für die die Erzeugung von eFuels
- Effekte des EE-Stromausbaus inkl. Senkung des Strompreises sowie Mehr-/ Mindereinnahmen der öffentlichen Hand für Energiesteuer, Stromsteuer und ETS/BEHG.

### Maßnahme 1 – EE-Strom stark ausbauen

**Investitionen** - In der u.a. Tabelle wird der zusätzliche EE-Bedarf in TWh/a nach Sektor und Energieträger (Strom und eFuels) in dazu erforderliche GWp an PV- und Wind-an-Land-Anlagen übersetzt. Dabei ist unterstellt, dass die erforderlichen TWh/a zu jeweils 50% mit PV- und Wind-an-Land-Anlagen erzeugt werden. Zusätzlich wird der Investitionsbedarf für eFuel-Synthese ermittelt.

Für Maßnahme 1 werden die Investitionen aus der Spalte „Invest EE-Erzeugung (in Mrd. €)“ entnommen.

Tabelle Investitionen für Ausbau auf 100% EE-Strom bzw. eFuels nach Sektoren

	TWh/a	Zubau PV (GWp)	Zubau Wind (GWp)	Invest EE- Erzeugung (in Mrd. €)	Invest eFuel- Synthese (in Mrd. €)	Invest Gesamt
Stromerzeugung - heute	397	180	110	307		307
Prozesswärme - Strom	248	112	69	192		192
Prozesswärme - eFuels	83	37	23	64	32	96
Verkehr - Strom	123	56	34	95		95
Verkehr - eFuels - Diesel	170	77	47	132	65	197
Verkehr - eFuels - Kerosin	111	50	31	86	43	129
Gebäudewärme	185	84	52	143		143
<b>Gesamt o. Rückverstromung</b>	<b>1.317</b>	<b>596</b>	<b>366</b>	<b>1.018</b>	<b>140</b>	<b>1.158</b>
<i>davon eFuels (o. Rückverstromung)</i>	<i>364</i>	<i>165</i>	<i>101</i>	<i>281</i>	<i>140</i>	<i>421</i>
<i>in %</i>	<i>28%</i>	<i>28%</i>	<i>28%</i>	<i>28%</i>	<i>100%</i>	<i>36%</i>
zzgl. eFuel-Rückverstromung	401	181	111	310	298	608
<b>eFuels insgesamt</b>	<b>765</b>	<b>346</b>	<b>212</b>	<b>591</b>	<b>438</b>	<b>1.030</b>

Tabelle Annahmen dazu

Annahmen		
	<b>50%</b>	Anteil PV an der EE-Erzeugung
	<b>50%</b>	Anteil Wind an der EE-Erzeugung
	<b>2.000</b>	Auslastung eFuel-Synthesen in Std/a
	<b>770</b>	Investition pro kW-Syntheseleistung, siehe S. 8, <a href="https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf">https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf</a>
	<b>14%</b>	Anteil des Gesamtverbrauchs nach eFuel-Synthese, der durch eFuel-Rückverstromung gepuffert wird
	<b>30%</b>	Anteil der täglichen Nachfrage, der durch zeitliche Spreizung der Strompreise im Tagesverlauf und auf den Folgetag verschiebbar ist
	<b>18</b>	Vollast-Betriebsstunden GuD pro Tag Dunkelflaute
	<b>800</b>	€ Investition pro kW eFuel-GuD, Dena-Netzstudie II, S. 26

**Effekte Energieerzeuger** – Auf die Investitionen ist eine durchschnittliche Rendite von 4,2% unterstellt, entsprechend dem Verhältnis von Ergebnis und Anlagevermögen von RWE in 2021<sup>44</sup>. Die Investitionen und Rendite werden über den Strompreis durch die Stromverbraucher finanziert.

**Effekte Energieverbraucher** – Die Einsparung ab 2045 ergibt sich aus:

<sup>44</sup> Ergebnis/Anlagevermögen RWE 2021, <https://www.rwe.com/investor-relations/finanzkalender-und-veroeffentlichungen/2021-GJ>

- Steigerung des Energiepreises je kWh in der Industrie durch den Wechsel von Gas auf Strom (siehe Energiepreise Strom und Gas im Abschnitt 3.3 Gebäudewärme) multipliziert mit der Prozesswärme in TWh/a, die zukünftig durch Strom anstatt durch fossile Energieträger erzeugt wird, entsprechend der o.a. Tabelle „Investition für Ausbau auf 100% EE-Strom bzw. eFuels nach Sektoren“.
- Senkung der heutigen durchschnittlichen Erzeugungskosten je kWh Strom durch Umstellung des Strommix auf 100% Wind-an-Land und PV – ohne flankierende Maßnahmen wie Batteriespeicher oder Rückverstromung erzeugter eFuels - multipliziert mit der zugebauten Menge an EE-Strom.

Diese Kostensenkung von 2,7 cent/kWh ergibt sich aus der Differenz zwischen den durchschnittlichen Erzeugungskosten beim

- heutigen Strommix (ohne Atomstrom, der in den bewertungsrelevanten Jahren 2024-2045 nicht mehr Teil des deutschen Strommix sein wird), und

Tabelle – Erzeugungskosten für den Strommix 2021 (ohne Atomstrom)

Energieträger	Stromerzeugung 2021 (TWh/a)	in % Gesamt	Erzeugungskosten (€/kWh)	Erzeugungskosten (Mrd. €/a)
Kohle	145,0	34,1%	13,3	19,2
Gas	51,0	12,0%	15,0	7,7
PV	48,5	11,4%	5,0	2,4
Wind	113,5	26,7%	6,0	6,8
Biomasse	43,2	10,2%	12,0	5,2
Wasserkraft	19,4	4,6%	10,0	1,9
Sonstiges	4,0	0,9%	10,2	0,4
<b>Gesamt</b>	<b>424,6</b>	<b>100,0%</b>	<b>10,3</b>	<b>43,6</b>
<i>Nachrichtlich: Atom</i>	65,4			

Quelle für Erzeugungsmengen (TWh/a): [https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-](https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und)

Quelle für Erzeugungskosten (€/kWh): Studie 2021,

<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>

- zukünftigen Strommix (nahezu vollständig aus PV und Wind)

Tabelle – Einsparungen in cent/kWh bei 100% EE-Strom



Energieträger	Stromerzeugung (TWh/a)	in % Gesamt	Erzeugungskosten (cent/kWh)
PV	212,3	50,0%	5,0
Wind	212,3	50,0%	6,0
<b>Gesamt ohne Flankierung</b>	<b>424,6</b>		<b>5,5</b>
<b>Einsparung ggü. Status Quo</b>			<b>4,8</b>
Vergütung Kommunen			0,5
Verluste bei 10% Rückverstromung			2,3
<b>Gesamt mit Flankierung</b>			<b>7,6</b>
<b>Einsparung ggü. Status Quo</b>			<b>2,7</b>
<b>In % Ø Strompreis private Haushalte 2021 von 33,8 cent/kWh</b> <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154908/umfrage/strompreise-fuer-haushaltskunden-seit-2006/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154908/umfrage/strompreise-fuer-haushaltskunden-seit-2006/</a>			<b>8,0%</b>

**Effekte öffentliche Hand** - Der Ausbau der EE-Stromerzeugung dient direkt oder indirekt (eFuels) dazu, fossile Energieträger sukzessiv ganz zu ersetzen. Die kumulierten Effekte der Mehr- und Minder-Einnahmen der öffentlichen Haushalte für Energiesteuer, Einnahmen aus dem ETS und BEHG sowie Stromsteuer sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die heutigen Einnahmen aus Energiesteuer und ETS/BEHG sinken entsprechend der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland linear von 2024-2045 auf null. Die Einnahmen aus der Stromsteuer steigen entsprechend dem Zubau an EE-Strom 2024-2045 linear an.

Diese Effekte gegen ab 2045 auf null gegenüber dem Status Quo, da unterstellt ist, dass nach erreichter Klimaneutralität die heutigen Einnahmen aus Energiesteuer, Stromsteuer und ETS/BEHG durch andere Besteuerung in gleicher Höhe ersetzt werden.

Tabelle Effekte auf Aufkommen aus Energiesteuer, ETS/BEHG und Stromsteuer

Steuern	Mrd. €/a	Bezugsjahr	Kumuliert bis 2045	Grundlage und Quelle
Energiesteuer - Gesamtaufkommen	-37,1	2021	-408,1	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2478/umfrage/entwicklung-der-einnahmen-aus-mineral-energiesteuer-seit-dem-jahr-1950/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2478/umfrage/entwicklung-der-einnahmen-aus-mineral-energiesteuer-seit-dem-jahr-1950/</a>
Aufkommen ETS/BEHG	-12,5	2021	-137,5	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/emissionshandel-2021">https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/emissionshandel-2021</a>
Zuwachs Stromsteuer	11,3	2045	124,6	2,05 cent/kWh ( <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/BJNR037810999.html">https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/BJNR037810999.html</a> ) mal Zubau an EE-Strom bis 2045 abzüglich EE-Strom für eFuel-Erzeugung
<b>Netto Effekt öffentliche Hand</b>	<b>-38,3</b>		<b>-421,0</b>	Netto-Effekt der Aufkommensentwicklung Energiesteuer, ETS/BEHG und Stromsteuer

## Maßnahme 2 – Kommunen weisen die EE-Flächen dazu aus

**Effekte Energieverbraucher und öffentliche Hand** - Kommunen erhalten 0,5 Cent/kWh auf die gesamte EE-Stromerzeugung in ihrem Gemeindegebiet - auch über den Zeitpunkt hinaus, zu dem die Klimaneutralität erreicht wird. Dies findet sich spiegelbildlich als negativer Effekt bei den Energieverbrauchern, da sie das über deren Strompreis finanzieren.

## Maßnahme 3 – Stromnachfrage und -angebot EE-Strom flexibilisieren

**Investitionen** – Hier werden für Rückverstromung von eFuels (Investitionen in EE-Stromerzeugung und Synthesekapazität) zur Pufferung längerfristiger Schwankungen in der EE-Stromerzeugung die Investitionen entsprechend der o.a. Tabelle „Investitionen für Ausbau 100% EE-Strom bzw. eFuels nach Sektoren“ angesetzt.

**Effekte Energieerzeuger** – Hier ist dieselbe Rendite auf die Anlageninvestitionen unterstellt wie bei Maßnahme 1 – Ausbau EE-Strom. Den „Energieerzeugern“ sind dabei alle Unternehmen zugeordnet, die Investitionen für die Maßnahme 3 tätigen.

**Effekte Energieverbraucher** – Die Kosten für die Rückverstromung werden auf den Strompreis umgelegt und somit von allen Stromverbrauchern getragen. Dazu werden die Zusatzkosten pro kWh aus Tabelle „Einsparungen in cent/kWh bei 100% EE-Strom“ mit der Gesamtmenge an heutigem und zukünftigen Strom aus Wind und PV aus Tabelle „Bedarf an erneuerbarer Energie und Zubau von EE-Strom bei Erreichung der Klimaneutralität mit der Roadmap Klimaneutralität Deutschland“ multipliziert.

Aus der Preisdifferenzierung im Tages-, Wochen oder Jahresverlauf, ergeben sich netto keine relevanten Zusatzkosten für Energieverbraucher, da die Strompreise dabei im Durchschnitt weder erhöht noch gesenkt sondern lediglich gespreizt, um die Nachfrage enger an das EE-Angebot heranzuführen und den EE-Strom damit vollständiger zu nutzen. Der dazu notwendige, sukzessiv Einbau Smarter Zähler ist ohnehin im Gange und verursacht keine relevanten Zusatzkosten.

**Exkurs erzielte Pufferung** – Die Energieerzeugung von Wind auf See, Wind an Land und Photovoltaik ergänzen sich **im Jahresverlauf** sehr gut (über 10 Jahre liegen die Schwankungen der monatlichen Gesamterzeugung im Jahresverlauf stabil unter 25%)<sup>45</sup>. Da die eFuel-Synthese für Verkehr und Prozesswärme mehr als 25% der EE-Stromerzeugung aufnimmt, kann schon damit die Monat-zu-Monat-Variabilität im Jahresverlauf fast vollständig geglättet werden.

EE-Strom aus Wind auf See, Wind an Land und Photovoltaik ergänzen sich generell auch **im Monats- und Wochenverlauf** gut, allerdings sind da immer mal wieder einzelne Tage mit sehr geringer kombinierter EE-Stromerzeugung zu beobachten<sup>46</sup>. Zum Ausgleich dieser Zeiten geringer EE-Stromerzeugung wird 14% des nach eFuel-Synthese verbleibenden Bedarfs durch Rückverstromung von (speziell dazu erzeugten) eFuels abgedeckt. Damit ist über das gesamte Jahr 1 Tag pro Woche an Totalausfall der EE-Stromerzeugung kompensierbar.

Nicht zuletzt verschieben zeitlich gespreizte Strompreise die Nachfrage falls erforderlich im Tagesverlauf und zwischen Tagen um bis 30% (Annahme).

Insgesamt steht so für den Ausgleich von Spitzen und Flauten in den EE-Stromerzeugung sowohl kurz- als auch langfristig eine Pufferkapazität von ca. 40-45% des Gesamtverbrauchs zur Verfügung.

Auch nach Einberechnung des Aufwands für Pufferung bleiben die Herstellkosten für EE-Strom je kWh deutlich unter den Herstellkosten des heutigen Strommix.

---

<sup>45</sup> [https://www.windjournal.de/erneuerbare-energie/entwicklung\\_windenergie\\_einspeisung](https://www.windjournal.de/erneuerbare-energie/entwicklung_windenergie_einspeisung)

<sup>46</sup> <https://www.energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=de&c=DE&year=2022&source=sw&interval=year>

Für eine zuverlässigere Bestimmung der Investitions- und Pufferbedarfe, wäre anhand einer mehrjährigere Wind- und Solardaten sowie unterstellter räumlicher Verteilung von PV-, Wind-an-Land- und Wind-auf-See-Anlagen eine exaktere Dimensionierung der erforderlichen kurz- und mittelfristigen Kapazitäten zu ermitteln und der Pufferbedarf-reduzierende, grenzüberschreitende Stromausgleich. Das war im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht leistbar.

#### **Maßnahme 4 – eFuels stark ausbauen**

**Investitionen** - Bei den Investitionen der Energieerzeuger sind nur die Investitionen für die aufzubauende Synthesekapazität angesetzt (die Investitionen in die dafür erforderlichen Wind- und PV-Kapazität sind Maßnahme 1 zugeordnet). Die Investition für die aufzubauende Synthesekapazität sind der Tabelle „Investitionen für Ausbau auf 100% EE-Strom bzw. eFuels nach Sektoren“ zu entnehmen.

Bei den Energieverbrauchern und der öffentlichen Hand ist zusätzlich der von BDI und BCG angesetzten Investitionsbedarf von 13 Mrd. € für den Umbau industrieller Prozesse auf Strom bzw. eFuels angesetzt<sup>47</sup>. Dabei ist unterstellt, dass eine Hälfte der Investition von der Industrie und die andere mittels Zuschüsse von der öffentlichen Hand getragen wird.

**Effekte Energieerzeuger** – Hier ist dieselbe Rendite auf die Anlageninvestitionen unterstellt wie bei Maßnahme 1 – Ausbau EE-Strom. Den „Energieerzeugern“ sind hier alle Unternehmen zugeordnet, die eFuel-Synthesekapazität aufbauen.

**Effekte Energieverbraucher und öffentliche Hand** – Bei den durch eFuel-Kosten in der internationalen Wettbewerbsfähigkeit gefährdeten Branchen wird bis 2045 und darüber hinaus die aus der o.a. Tabelle „Herstellkosten eFuels“ abgeleitete Preisdifferenz zwischen eFuels und Erdgas in den Branchen aus dem Bundeshaushalt getragen,

- die in starkem internationalem Wettbewerb stehen und
- bei denen Energiekosten für Prozesswärme einen hohen Anteil ihrer Bruttowertschöpfung ausmachen.

Der mit diesen Kriterien erfasste Anteil des eFuel-Verbrauchs für industrielle Prozesswärme ist 70%<sup>48</sup>. Für die übrigen 30% des eFuel-Verbrauchs für Prozesswärme steigen in der jeweiligen Industrie die Kosten um diese Preisdifferenz.

Zudem entstehen durch die zunehmende Beimischung von eFuels in die abnehmende Menge von Benzin und Diesel sowie Heizöl und Heizgas Zusatzkosten während der Transformation.

#### Tabelle – Zusatzkosten durch Beimischung eFuels

---

<sup>47</sup> <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>

<sup>48</sup> Anteil in etwa abgelesen aus S. 87, <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf>

Energieträger	Faktoren	Wert
Heizöl	Menge 2021 (TWh/a)	195
	Preis aktuell (€/kWh)	0,14
	eFuels-Preis (€/kWh)	0,21
	Faktor 2024-2045	3,7
	<b>Mehrkosten 2024-2045 (Mrd. €)</b>	<b>-49,4</b>
Heizgas	Menge 2021 (TWh/a)	454
	Preis aktuell (€/kWh)	0,09
	eFuels-Preis 2021 (€/kWh)	0,14
	Faktor 2024-2045	3,7
	<b>Mehrkosten 2024-2045 (Mrd. €)</b>	<b>-90,8</b>
Benzin/Diesel	Menge 2021 (TWh/a)	527
	Preis aktuell (€/kWh)	0,20
	eFuels-Preis (€/kWh)	0,21
	Faktor 2024-2045	3,7
	<b>Mehrkosten 2024-2045 (Mrd. €)</b>	<b>-6,7</b>
<b>Gesamt</b>	<b>Mehrkosten 2024-2045 (Mrd. €)</b>	<b>-146,9</b>

Durch Entlastung der eFuels und des dafür eingesetzten Stroms von allen Umlagen und Steuern (außer Mehrwertsteuer), entstehen der öffentlichen Hand ansonsten bis 2045 keine Zusatzeinnahmen, aber auch keine Mindereinnahmen, da eFuel-Synthese in Deutschland heute keinen relevanten Umfang hat.

### **Maßnahme 5 – Emissionshandel konsequent nutzen, Einnahmen fair verteilen**

Die Einnahmen des Bundes aus dem ETS und BEHG lagen in 2021 bei insgesamt 12,5 Mrd. €<sup>49</sup>. Mit Umsetzung der Maßnahmen aus dieser Roadmap sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen zumindest in Deutschland so weit, dass der CO<sub>2</sub>-Preis auch bei linear sinkender Anzahl an Zertifikaten nicht steigt. Insofern sinkt das Aufkommen des Bundes aus ETS und BEHG in Deutschland mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen in etwa linear bis 2045.

**Effekte Energieverbraucher und öffentliche Hand** - Diese für die öffentlichen Haushalte negative Entwicklung findet sich spiegelbildlich als positiver Effekt bei den Energieverbrauchern wieder.

Sollten die Kosten der Zertifikate und damit die Einnahmen aus ETS und BEHG doch steigen, ändert sich die gesamtwirtschaftliche Wirkung nicht, da die Belastung der Verbraucher und die Entlastung der öffentlichen Hand jeweils dann um denselben Betrag steigen.

---

<sup>49</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/emissionshandel-2021-rekordeinnahmen-von-ueber-12>

## 3.2 Verkehr

Die Investition und Effekte der Kernmaßnahmen sind:

Tabelle – Investitionen und Effekte der Kernmaßnahmen Verkehr

(Werte in Mrd. €)	Investition				Effekte Energierzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
	Energie-Erzeuger	En.-Verbraucher	öffentl. Hand	Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.
6. eKfz wirtschaftl. als Verbrenner-Kfz	0	0	35	35	0	0	303	30	0	0	303	30
7. Schnelllade-Infrastruktur ausbauen	15	0	44	59	7	1	0	0	0	0	7	1
8. Subvention fossiler Kraftstoffe abbauen	0	0	0	0	0	0	-164	8	411	21	247	29
<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>95</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>139</b>	<b>38</b>	<b>411</b>	<b>21</b>	<b>557</b>	<b>59</b>

Wesentliche Annahmen sind dabei, dass bis 2045 konstant bleiben:

- Verkehrsleistung in Personenkilometer (Pkm) und Tonnenkilometer (tokm).
- Modal Split (der geplante Ausbau von öffentlichem Verkehr und Radverkehr ist dementsprechend nicht abgebildet).
- je Kfz-Typ - z.B. ePkw, Verbrenner-Pkw, leichte Elektro-Nutzfahrzeuge und leichte Verbrenner-Nutzfahrzeuge sowie schwere Verbrenner-LKW - der Fahrzeugbestand und seine Altersverteilung, die Fahrleistung (Fahrzeugkilometer je Kfz und Jahr) und der spezifische Energieverbrauch (kWh pro Fahrzeugkilometer)

### Maßnahme 6 – eKfz wirtschaftlicher als Verbrenner-Kfz machen

Die Maßnahme umfasst einen bis 2030 auf 100% anwachsenden Anteil von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) an den Neuzulassungen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (LNF). Dieser Hochlauf wird bis 2030 mit einem Zuschuss zum Kaufpreis und nach 2030 durch ein Verbot von Neuzulassungen an Verbrenner-Pkw und -LNF abgesichert. Durch den linearen Hochlauf auf 100% ePkw und eLNF bei den Neuzulassungen 2030 sind dann schon 20% des Bestands eKfz. Durch das Verbot von Verbrenner-Neuzulassungen ab 2030 sind in 2045 bei der bestehenden Altersstruktur (78% der Pkw in Deutschland sind 0-14 Jahre alt<sup>50</sup>) weitere 78% des Bestands eKfz geworden. In Summe werden auf diesem Weg in 2045 nahezu 100% ePkw und eLNF erreicht.

<sup>50</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3438/umfrage/pkw-bestand-nach-alter-der-fahrzeuge/>. Siehe dazu auch

Tabelle - Ableitung durchschnittlicher Kaufpreis-Abstand zwischen BEV- und Verbrenner-Pkw

Marke	Modell	Kaufpreis (in €)*	zugelassene Kfz der Marke Ende 2022
VW	ID.3 58 kWh	36.960	10.177.582
	Golf 1,5 eTSI Life DSG	32.460	
	Elektro - Verbrenner	4.500	
BMW	Mini - 3-Türer SE Essential Trim	32.500	3.958.976
	Mini - 3-Türer S Essential Trim Steptronic (DSG)	30.150	
	Elektro - Verbrenner	2.350	
Daimler	EQC 400 4Matic	66069	5.013.459
	GLC 400 d 4MATIC 9G-Tronic	61940	
	Elektro - Verbrenner	4.129	
<b>Gewichteter Durchschnitt</b>		<b>3.958</b>	

\* = nach Abzug ePkw-Zuschuss bzw. üblichen Rabatt Verbrenner-Pkw

Quelle Kaufpreise: <https://assets.adac.de/Autodatenbank/Autokosten/E-AutosVergleich-mit-Kaufrabatt.pdf>

Quelle Zulassungszahlen:

[https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/MarkenHersteller/marken\\_hersteller\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/MarkenHersteller/marken_hersteller_node.html)

Der bisherige Zuschuss auf den Preis von neuen ePkw hat den eKfz-Anteil an Neufahrzeugen zwar deutlich gesteigert aber noch so weit, dass er für das Erreichen von 100% eKfz-Neuzulassungen in 2030 ausreicht. Eine Ursache ist der auch nach Zuschuss für Käufer\*innen immer noch ca. 4.000€ höhere Beschaffungspreis von vergleichbaren ePkw nach der u.a. Analyse des ADAC. Das bedeutet:

- für die Steigerung des eKFz-Anteils an Neu-Zulassungen ist ein höherer Zuschuss erforderlich – und nicht eine Absenkung des Zuschusses wie derzeit vorgesehen. Der Zuschuss wird zunächst von 6.000€ auf 8.000 T€ aufgestockt. Sollte das nicht ausreichen, um den Anteil der eKfz an Neuzulassungen auf den Zielwert zu heben, wird der Zuschuss weiter erhöht.
- Wenn damit mehr Steigerung erreicht wird, als für 100% eKfz-Neuzulassungen in 2030 erforderlich ist, wird der Zuschuss schrittweise zurückgefahren. Die Bewertung basiert auf einem von 2024 bis 2030 linear von 8 T€ auf null sinkenden Zuschuss gerechnet, da unterstellt wird, dass ePkw und eLNF dann in aller Regel wirtschaftlich attraktiver als Verbrenner-Kfz sind, u.a. durch zunehmende Größenvorteile und Lerneffekte in der Produktion, höheren Wiederverkaufswert (Verbrenner-Pkw haben in Deutschland absehbar keine Zukunft) und gute Ladezeiten

**Effekte Energieverbraucher** - Bei den Einsparungen sind die anerkannt niedrigeren Wartungs- und Instandhaltungskosten nicht quantifiziert, sondern lediglich die Einsparungen bei den Treibstoffkosten von ca. 4 cent/km bei der Annahme, dass alle BEV an öffentlichen Ladesäulen zu den heutigen Kosten von ca. 60 cent/kWh inkl. MWSt. laden.

Tabelle – spezifische Einsparungen in den Treibstoffkosten beim Wechsel von Verbrenner- auf eKfz

Kennzahl und ggf. Quelle	Wert
Mrd. km Fahrleistung Pkw 2019, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr">https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr</a>	645
Bestand Pkw in Mio. Ende 2019, <a href="https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2020/2020_b_tabellen.html?nn=3524712&amp;fromStatistic=3524712&amp;yearFilter=2020&amp;fromStatistic=3524712&amp;yearFilter=2020">https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2020/2020_b_tabellen.html?nn=3524712&amp;fromStatistic=3524712&amp;yearFilter=2020&amp;fromStatistic=3524712&amp;yearFilter=2020</a>	47,7
resultierende jährliche Laufleistung je Pkw in 1.000 km/a	13,5
Ø Verbrauch Verbrenner-Pkw in l/100 km. Siehe Eckdaten Energieerzeugung	7,40
Ø Preis pro liter Benzin inkl. MWSt. Juli 2022, <a href="https://www.benzinpreis.de/statistiken/deutschland/preisniveau/super">https://www.benzinpreis.de/statistiken/deutschland/preisniveau/super</a> .	1,78
resultierende Ø Benzinkosten in €/km	0,13
Ø Verbrauch ePkw in kWh/100km. Siehe Eckdaten Energieerzeugung	15,0
Ø Verbrauch bei 100% ePkw in TWh/d	2,6
Ø Preis 2021 pro kWh Ladestrom an öffentlichen Schnelllade-Säulen inkl. MWSt. <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/882563/umfrage/strompreise-an-e-auto-">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/882563/umfrage/strompreise-an-e-auto-</a>	0,60
resultierende Ø Stromkosten in €/km	0,089
Ø Einsparung Energiekosten durch Wechsel von Verbrenner- auf BEV-Pkw in €/km	0,042
Ø Einsparung Energiekosten durch Wechsel von Verbrenner- auf BEV-Pkw je Pkw in €/a	<b>574</b>

**Effekte öffentliche Hand** – Die 2024-2030 absinkenden Zuschüsse belasten die öffentliche Hand mit insgesamt 35 Mrd. €.

Tabelle – Ableitung Einsparung Energiekosten beim Wechsel von Verbrenner- auf ePkw

Kennzahl und ggf. Quelle	Wert
Mio. neu zugelassene Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (LNF) in 2021, <a href="https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ14/fz14_2021_pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=7">https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ14/fz14_2021_pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=7</a>	2,90
davon waren vollelektrische Pkw (BEV) in Mio. <a href="https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ14/fz14_2021_pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=7">https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ14/fz14_2021_pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=7</a>	0,37
davon waren vollelektrische Pkw (BEV) in %.	12,7%
Ø Zulassung an BEV in % im Zeitraum 2024-2030 (100% BEV Neuzulassungen in 2030)	43,6%
Ø Zulassung an BEV in Mio. Pkw+LNF im Zeitraum 2024-2030, damit 100% BEV Neuzulassungen in 2030 erreicht werden	1,27
Bestand in Mio. an Pkw und LNF Ende 2021, S. 8+9, <a href="https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ13/fz13_2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ13/fz13_2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a>	51,8
Bestand an BEV in Mio. Pkw und LNF Ende 2021, S. 8+9, <a href="https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ13/fz13_2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ13/fz13_2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a>	0,66
Bestand an BEV in Mio. Pkw und LNF Ende 2023	1,40
Bestand an BEV in Mio. Pkw und LNF Ende 2030	10,3
Jahr, in dem 100% BEV erreicht werden, wenn Bestand unverändert und Neuzulassungen wie 2021	2044
kumulierte Einsparungen bis 2045 durch BEV Pkw und LNF, die bis inkl. 2030 neu zugelassen wurden in Mrd. €	<b>104</b>
kumulierte Einsparungen bis 2045 durch BEV Pkw und LNF, die nach. 2030 neu zugelassen wurden in Mrd. €	<b>193</b>
Einsparungen pro Jahr nach 2045 in Mrd. €	<b>29,2</b>
2024 bis 2030 verkaufte ePkw und eLNF (in Mio. Stück)	8,9
Zuschüsse je ePkw und LNF in 2024 in T€	8,0
Zuschüsse Gesamt bei linearer Reduktion auf Null 2024-2030 in Mrd. €	<b>35,3</b>



## Maßnahme 7 – Schnell-Ladeinfrastruktur ausbauen

Als Vereinfachung ist hier konservativ eine flächendeckende Versorgung mit Schnellladestationen als die vermutlich teuerste und zugleich komfortabelste Lösung unterstellt, deren Aufbau der öffentlichen Hand zu 75% bezuschusst.

Tabelle – Aufbau Ladeinfrastruktur für ePkw und LNF

Kennzahl und ggf. Quelle	Wert
jährliche Laufleistung pro Pkw (in 1.000 km/a) - siehe oben	13,5
Ø Laufleistung pro Tag (in km/Tag)	37,0
km durchschnittliche Reichweite ePkw 2021 bei 80% geladener Batterie und Vorhalten einer Reserve von 20% Ladekapazität, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443614/umfrage/prognose-zur-reichweite-von-elektroautos/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443614/umfrage/prognose-zur-reichweite-von-elektroautos/</a>	261
Durchschnittliche Anzahl Tage zwischen Laden auf 80%	7,0
Mio. ePkw und LNF nach 2045	51,8
Mio. Ladevorgänge pro Tag	7,35
Stunden für Laden auf 80%	0,5
Ladepunkte pro Ladesäule	2
Maximale Belegung Ladestelle pro Tag in Stunden	4
Anzahl Ladevorgänge pro Ladesäule und Tag	16
Mio. Schnellladesäulen erforderlich	0,459
Pkw und LNF je Ladepunkt. EU-Kommission fordert max. 10:1 (Ziffer 23, <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094</a> ), was nach dieser Rechnung eine realistische Größe ist, wenn es sich um 22kw-Ladestellen handelt.	56
Investition für eine Schnellladesäule (Recherchewerte noch mit hoher Spannbreite zwischen 69 T€ ( <a href="https://www.goingelectric.de/forum/viewtopic.php?t=26618">https://www.goingelectric.de/forum/viewtopic.php?t=26618</a> ) und kanpp 300 T€ ( <a href="https://emobicon.de/ladeinfrastruktur-was-kostet-der-betrieb-einer-oeffentlichen-ladestation/">https://emobicon.de/ladeinfrastruktur-was-kostet-der-betrieb-einer-oeffentlichen-ladestation/</a> )). Hier ist der Mittelwert angesetzt (in T€)	129
Davon durch öffentliche Zuschüsse gedeckt ( <a href="https://emobicon.de/ladeinfrastruktur-was-kostet-der-betrieb-einer-oeffentlichen-ladestation/">https://emobicon.de/ladeinfrastruktur-was-kostet-der-betrieb-einer-oeffentlichen-ladestation/</a> )	75%
Mrd. € an eigener Investition in Schnellladesäulen erforderlich	15
Mrd. € an Zuschüssen für Schnellladesäulen erforderlich	44

## **Maßnahme 8 – Subvention fossiler Kraftstoffe abbauen**

Gegenstand sind hier:

- Begrenzung des Dienstwagenprivilegs auf vollelektrische Kfz ab 2024. Dabei wird unterstellt, dass neue Dienstwagen dann fast ausschließlich BEV sind. Dies wird eine hohe Lenkungswirkung auf den Anteil von eKfz an Neuzulassungen erzielen aber keine relevante Entlastung der öffentlichen Haushalte.
- Entfall des Dieselprivilegs linear über die Jahre 2024-2027, der die öffentlichen Haushalte entlastet und Energieverbraucher zunächst im selben Umfang belastet. Die Entlastung der Energieverbraucher aus dem zunehmenden Ersatz von Verbrenner-Kfz durch eKfz ist bei der Maßnahme 6 berücksichtigt.
- Entfall der beiden Vergünstigungen für den Flugverkehr (keine Energiesteuer auf Kerosin, keine Mehrwertsteuer auf internationale Flüge) linear über die Jahre 2024-2027. Dies ist für die öffentliche Hand nach Umsetzung im vollen Umfang wirksam. Es wird unterstellt, dass es für die Flugkunden zwar preissteigernd aber nicht ausgabensteigernd wirkt, da als Reaktion geschäftlich und privat im selben Umfang weniger geflogen wird. Die sukzessive Steigerung des Anteils der teureren eFuels im Kerosin entsprechend der Maßnahme zum Ausbau eFuels verstärkt diesen Effekt.

**Effekte auf Energieverbraucher und öffentliche Hand** – Bei vollem Abbau dieser Subventionen spart die öffentliche Hand 20,6 Mrd. €/a ein. Beim Hochlauf über die Jahre 2024-2027 erzielt die öffentliche Hand im Durchschnitt die Hälfte dieser Entlastung und in den 18 Jahren danach (2028-2045) die volle Entlastung. Diese Entlastung wirkt bei Energieverbrauchern spiegelbildlich als Belastung.

### 3.3 Gebäudewärme

Die Investition und Effekte der Kernmaßnahmen sind:

Tabelle – Investitionen und Effekte der Kernmaßnahmen Gebäudewärme

Maßnahmen	Investition				Effekte Energierzeuger		Effekte Energieverbraucher		weitere Effekte öffentliche Hand		Summe Effekte	
	Energie-Erzeuger	En.-Verbraucher	öffentl. Hand	Summe Invest	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.	bis 2045 kum.	ab 2045 p.a.
9. Vermieter tragen die Heizkosten zu 50%	0	0	0	0	0	0	14	1	0	0	14	1
10. Öl- und Gas-Heizungen ersetzen	0	844	94	938	0	0	123	11	-2	0	121	11
11. Wärmenetze auf CO2-frei umstellen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Fachkräfte-Offensive	0	0	0	0	0	0	53	0	-53	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>844</b>	<b>94</b>	<b>938</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>190</b>	<b>12</b>	<b>-55</b>	<b>0</b>	<b>135</b>	<b>13</b>

Eine wesentliche Annahme ist dabei, dass die Anzahl und Fläche der zu beheizenden Gebäude bis 2045 konstant bleiben.

#### **Maßnahme 9 – Vermieter tragen die Heizkosten zu 50%**

Es wird unterstellt, dass mit dieser Maßnahme allein bereits 10% der durch Heizungsumstellung realisierten Effekte erzielt werden, deren Berechnung in den Erläuterungen zu Maßnahme 10 erklärt wird.

#### **Maßnahme 10 – Öl- und Gas-Heizungen ersetzen**

Die Berechnung der Investition und Effekte ist der Tabelle „Raumwärme und Warmwasser“ zu entnehmen.

## Tabelle Raumwärme und Warmwasser

Faktor	Sektor				Quelle
	Industrie	GHD	private Haushalte	Summe	
Gas - Menge in PJ/a	95,5	334,7	921	1.351	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Gas - Menge in TWh/a	27	93	256	376	Menge in PJ/a mal o.a. Umrechnungsfaktor TWh zu PJ
Gas - Preis je TWh in Mrd. € aktuell	0,07	0,07	0,10		Stand April 2022, Monitoringbericht 2022 der Bundesnetzagentur, S. 458-463, <a href="https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a>
Öl - Menge in PJ/a	13,3	115,6	491,1	620	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Öl - Menge in TWh/a	4	32	137	172	Menge in PJ/a mal o.a. Umrechnungsfaktor TWh zu PJ
Öl - Preis je TWh in Mrd. € aktuell	0,08	0,11	0,15		Industrie: Stand 2021 mal Erhöhung Haushalte 2022 vs. 2021. Gewerbe gleich Industrie gesetzt. Private Haushalte: <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1692/umfrage/preis-fuer-einen-liter-leichtes-heizuel-monatsdurchschnittswerte/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1692/umfrage/preis-fuer-einen-liter-leichtes-heizuel-monatsdurchschnittswerte/</a> Stand April 2022
Fernwärme - Menge in PJ/a	19,4	31,1	189,8	240	<a href="https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf">https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf</a>
Fernwärme - Menge in TWh/a	5	9	53	67	Menge in PJ/a mal o.a. Umrechnungsfaktor TWh zu PJ
Fernwärme - Preis je TWh in Mrd. €	0,08	0,08	0,08		<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/250114/umfrage/preis-fuer-fernwaerme-nach-anschlusswert-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/250114/umfrage/preis-fuer-fernwaerme-nach-anschlusswert-in-deutschland/</a>
Energiebedarf Ist Gesamt (TWh/a)	35,6	133,8	445,3	615	
Energiekosten Ist Gesamt (in Mrd. €/a)	2,5	10,9	49,5	63	
Energiebedarf bei Wärmepumpe (TWh/a)	10,2	38,2	127,2	176	Energiebedarf Ist Gesamt / IAZ Wärmepumpe
Kosten Strom in cent/kWh aktuell	0,16	0,18	0,26		Stand April 2022, Monitoringbericht 2022 der Bundesnetzagentur, S. 322 für Wärmepumpenstrom. Für Industrie und Gewerbe: Absenkung regulärer Strompreis nach S. 298-303 um den Anteil, der sich aus der Spreizung von regulärem und Wärmepumpentarif für private Haushalte ergibt. <a href="https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2022.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a>
Kosten Strom in cent/kWh 2021	0,11	0,18	0,24		Basiswerte für Gewerbe und Industrie 2021: <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154902/umfrage/strompreise-fuer-industrie-und-gewerbe-seit-2006/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154902/umfrage/strompreise-fuer-industrie-und-gewerbe-seit-2006/</a> Basiswert 2021 für Haushalte (Wärmepumpen-Strompreis): <a href="https://www.waermepumpe.de/politik/energiepreise/">https://www.waermepumpe.de/politik/energiepreise/</a>
Energiekosten bei Wärmepumpe	1,62	6,94	32,51	41	
Einsparung in Mrd. €/a Preise 2022	0,88	4,00	17,01	22	Preissteigerungen bei privaten Haushalten seit April 2021 prozentual auf Preise für Industrie und Gewerbe angewandt, da keine aktuelleren Werte verfügbar
Einsparung in % Energiekosten 2022	35%	37%	34%	35%	
Fläche in Mrd. QM	0,336	1,264	3,81	5,41	Quadratmeter private Haushalte: <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70099/umfrage/wohnflaeche-in-wohnbaeuden-in-deutschland-seit-1994/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70099/umfrage/wohnflaeche-in-wohnbaeuden-in-deutschland-seit-1994/</a> Quadratmeter beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland ca. 1,6 Mrd. qm (S. 7, <a href="https://www.irbnet.de/daten/baifo/20138036007/DL_ON272013.pdf">https://www.irbnet.de/daten/baifo/20138036007/DL_ON272013.pdf</a> ). Aufteilung auf Industrie und GHD proportional zu deren Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser.
Investkosten "vollsaniert" (in €/qm)	86	86	87,5	260	S. 248, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_06_2016_klimaneutraler_gebaeudebestand_2050.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_06_2016_klimaneutraler_gebaeudebestand_2050.pdf</a>
Investkosten "vollsaniertplus" (in €/qm)	205	205	205	205	Maximalwert 205 €/qm auf S. 248, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_06_2016_klimaneutraler_gebaeudebestand_2050.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_06_2016_klimaneutraler_gebaeudebestand_2050.pdf</a> Konsistent mit Spanne 140-260 €/qm = Durchschnitt 200 €/qm auf S. 145., BDI-BCG "Klimapfade 2.0"
Gewichtung "vollsaniert"	0%	0%	0%		
Brutto-Investition (Mrd. €)	58	219	661	938	zusätzliche Investition reduziert um die 300.000 Wohnungen oder 0,7% des Bestands, die jährlich ohnehin schon auf hohem Wärmestandard gebaut werden
Brutto-Invest je Wohnung (in €)			15.439		
in % Immobilien-Wert Gesamt				6,4%	
% Zuschuss	10%	10%	10%		
Zuschüsse	5,8	21,9	66,1	94	
Netto-Investition (abzgl. Zuschüsse)	52,5	197,2	594,7	844	
Kreditanteil Invest (abzgl. Zuschüsse)	100%	100%	100%		
Jahre bis Tilgung	30	30	30		
Prozent Zinsen auf Invest abzgl. Zuschüsse	2,2%	2,2%	2,2%		Rendite 30-jährige Bundesanleihe am 05.01.23: 2,23% siehe <a href="https://www.bundesbank.de/resource/blob/772218/c526308b1cf10a613ecf60b9a71c05fc/mL/rendbund-data.pdf">https://www.bundesbank.de/resource/blob/772218/c526308b1cf10a613ecf60b9a71c05fc/mL/rendbund-data.pdf</a>
Zinszahlung	0,59	2,20	6,63	9,4	
jährliche Programmkosten in % Invest	0,04%	0,04%	0,04%		1% für Verwaltung und 1%/52-Jahre für Ausfälle, verteilt über 22+30 = 52 Jahre
jährliche Programmkosten in Mrd. €	0,02	0,08	0,23	0,3	
Zahlung/a bei o.a. Tilgungsdauer und Zinsen (in Mrd. €/a)	2,34	8,77	26,45	37,6	
Net Cash Flow (Mrd. €/a) - Preise 2022	-1,46	-4,77	-9,44	-15,7	
In €/qm/Monat	-0,36	-0,31	-0,21		

**Investitionen** – Als „klimaneutral“ werden eingestuft: Heizen mit Wärmepumpe (mit Umsetzung dieser Roadmap wird Wärmepumpenstrom klimaneutral sein), Solarthermie und ggf. auch durch Umrüsten auf ein Passivhaus („Heizung“ mit Sonneneinstrahlung und „eh da“ internen Wärmequellen).

Aufgrund des geringen Neubau-Volumens wird bis 2045 klimaneutrale Gebäudewärme (inkl. Warmwasser) v.a. im Bestand erzielt. Einen sinnvollen Durchschnittswert für die erforderliche Investition je Wohneinheit festzulegen, um klimaneutrale Gebäudewärme (inkl. Warmwasser) im Bestand zu erzielen, ist aufgrund der sehr heterogenen Bau- und Heizungsstruktur schwer.

Im Bestand wird die wirtschaftlichste Lösung in der Regel der Ersatz von Öl- und Gas-Feuerung durch Wärmepumpen sein, nach Bedarf ergänzt mit Investition zur Senkung der Vorlauftemperaturen und/oder Energieeinsparung.

Aus zwei Untersuchungen (Umweltbundesamt und BDI-BCG) wurde ein Ansatz von 205 €/qm abgeleitet, der für Ein- und Zweifamilienhäuser gilt, aber konservativ auf den gesamten Gebäudebestand angewandt wurde und einen Investitionsbedarf von insgesamt 938 Mrd. € ergibt. Dies ist konsistent mit u.a. Alternativrechnung, die Gesamtkosten von 822 Mrd. € für die Umrüstung aller Wohnungen auf Wärmepumpen (jew. zur Hälfte Zusatz- und Ersatzinvestition) ergibt.

Tabelle – Umrüstung Wohnungsbestand Deutschland auf Wärmepumpen

Investition Gasheizung EFH Altbau (in T€)	9,2	S. 18, <a href="https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf">https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf</a>
Investition Luft-Wasser-WP EFH Altbau (in T€)	23,8	inkl. Anpassung Heizkörper für geringere Vorlauf-Temperaturen. S. 18, <a href="https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf">https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf</a>
Differenz	14,6	
Anzahl Wohnungen in Deutschland (in Mio.)	42,8	Stand Ende 2020, <a href="https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/_inhalt.html">https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/_inhalt.html</a>
Zusatz-Invest für Luft-Wasser-WP beim Reinvest-Zeitpunkt (in Mrd. €)	822	Niedriger als die o.a. 938 Mrd. €

**Effekte Energieverbraucher** – Für private Haushalte sind für Erdgas-, Heizöl- und Strompreise aus April-Juli 2022 verfügbar sowie für April 2021. Bei Industrie und Gewerbekunden waren nur Preise vom April 2021 verfügbar. Um die Preise für 2022 anzunähern, wurde dieselbe prozentuale Preissteigerung ggü. April 2021 wie bei privaten Haushalten angenommen.

**Effekte Energieverbraucher und öffentliche Hand** – 10% der erforderlichen Gesamtinvestition wird als Zuschuss der öffentlichen Hand für Härtefälle angesetzt. Bei den übrigen 90% der Gesamtinvestition wird konservativ angenommen, dass diese alle mit zinsgünstigen KfW-Krediten mit 30 Jahren Laufzeit umgesetzt werden (in der Praxis wird ein relevanter Anteil der Gebäudeeigentümer dies selbst oder mit regulären Krediten finanzieren). Diese Kredite werden nicht in der Verschuldung der öffentlichen Hand mitgezählt, da sie rückzahlbar sind. Als Kosten der öffentlichen Hand bleiben die laufenden Kosten der Verwaltung dieser Kredite und geringer aber vorhandener Ausfälle von je 1% des Investitionsvolumens, verteilt über die Laufzeit des Programms.

## Weitere Effekte öffentliche Hand

Die öffentliche Hand spart zwar auch selbst Energiekosten ein, diese genügen aber maximal, um im Betrachtungszeitraum die erforderlichen Investitionen zu amortisieren. Insofern sind hierfür keine Investitionen und Effekte angesetzt.

## Maßnahme 11 – Wärmenetze auf CO2-freie Wärme umstellen

Zur Wärme aus Wärmenetzen (z.B. Großwärmepumpen, die mit oberflächen-naher Geothermie arbeiten) mit räumlich verdichteten Wärmebedarfen, gibt es ambivalente Aussagen, ob sie eher teurer oder günstiger als Einzelheizungen sind. Deshalb wird hier vereinfachend angenommen, dass sie sich bei Investition und Wärmekosten nicht von den klimaneutralen Einzelheizungen unterscheiden. Da bei Maßnahmen 11 und 12 schon Heizungsumstellung für alle Wohn- und Nicht-Wohngebäude unterstellt ist, kommen hier keine zusätzlichen Effekte dazu.

Die Kosten für eine Wärmeplanung liegen je nach Größe der Kommunen und Leistungsspezifikation bei ca. 75 T€. Bei rund 1.600 Kommunen mit 10.000 Einwohnern sind die Kosten hierfür einmalig bei 0,12 Mrd. €. Dieser Betrag ist im Vergleich zu Effekten anderer Kernmaßnahmen vernachlässigbar.

Tabelle – Kosten Wärmeplanung und Einkommensverbesserung Fachkräfte

Faktor	Quelle
75	Kosten je Wärmeplanung (in T€), <a href="https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Beratung_und_Information/210915-VwV-Forrderrichtlinie-kommunale-Waermeplanung.pdf">https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Beratung_und_Information/210915-VwV-Forrderrichtlinie-kommunale-Waermeplanung.pdf</a>
1600	Anzahl Städte ≥ 10.000 Einwohner, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1254/umfrage/anzahl-der-gemeinden-in-deutschland-nach-gemeindegroessenklassen/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1254/umfrage/anzahl-der-gemeinden-in-deutschland-nach-gemeindegroessenklassen/</a>
<b>0,12</b>	Kosten Wärmeplanung für alle Städte ≥10.000 Einwohner (in Mrd. €)

## Maßnahme 12 – Fachkräfte-Offensive

Die Kosten der öffentlichen Hand sind hier die Aufstockung der Azubi-Vergütung und der Erlass der Lohn- und Einkommenssteuer für die Dauer der Transformation in den einschlägigen Berufen (siehe o.a. Tabelle).

Tabelle – Einkommensverbesserung Fachkräfte

Faktor	Quelle
30.899	Anzahl Azubi im Hoch- und Ausbau 2021, (Anzahl alle Azubi, mal Anteil Hoch- und Ausbau an neuen Azubi), <a href="https://www.soka-bau.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Unternehmen/ausbildungs-und-fachkraeftereport_2021.pdf">https://www.soka-bau.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Unternehmen/ausbildungs-und-fachkraeftereport_2021.pdf</a>
1.025	Durchschnitt aus monatlichem Gehalt Azubi Bauwirtschaft im 1. und 2. Ausbildungsjahr (in €), <a href="https://www.azubi.de/beruf/ausbildung-hochbaufacharbeiter/gehalt">https://www.azubi.de/beruf/ausbildung-hochbaufacharbeiter/gehalt</a>
<b>0,38</b>	Kosten Verdoppelung der Azubi-Gehälter bei heutigen Azubi-Zahlen (in Mrd. €/a)
2.665	Brutto-Verdienst im Hochbau und Ausbau
12.147	<a href="https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Baugewerbe-Struktur/beschaeftigung-umsatz-baugewerbe-2040520207004.pdf?__blob=publicationFile">Entgelte 2020 in der Branche "Bau von Gebäuden" (in Mio. €), S. 9 (Baugewerbe abzgl. Tiefbau), https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Baugewerbe-Struktur/beschaeftigung-umsatz-baugewerbe-2040520207004.pdf?__blob=publicationFile</a>
311.504	<a href="https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Baugewerbe-Struktur/beschaeftigung-umsatz-baugewerbe-2040520207004.pdf?__blob=publicationFile">Anzahl Beschäftigte 2020 in der Branche "Bau von Gebäuden", S. 9 (Baugewerbe abzgl. Tiefbau), https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Baugewerbe-Struktur/beschaeftigung-umsatz-baugewerbe-2040520207004.pdf?__blob=publicationFile</a>
39,0	T€ Entgelt/pro Beschäftigtem
6.453	Einkommenssteuer auf das Einkommen (Durchschnitt aus Grundtarif und Splitting-Tarif), <a href="https://www.steuertipps.de/service/rechner/einkommensteuer-rechner/">https://www.steuertipps.de/service/rechner/einkommensteuer-rechner/</a>
<b>2,01</b>	Mrd. €/a Einkommenssteuer auf heutige Mitarbeiter des Hoch- und Ausbaus

Dass eine Umlenkung des Bauvolumens auf die energetische Sanierung machbar ist, ist den Eckdaten der folgenden Tabelle zu entnehmen. Vom gesamten Hochbau-Volumen (außer Wohnungsneubau) müssten nur 15% in die energetische Sanierung umgelenkt werden.

Tabelle – Erforderlicher Anteil heutiger Baukapazitäten, um klimaneutrale Heizung und Warmwasserzeugung in Deutschland umzusetzen

Faktor	Quelle
365	Bauvolumen Hochbau in 2020, S. 16, <a href="https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
255	Davon Wohnungsbau in 2020, S. 16., <a href="https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
31%	Anteil Neubau vom Wohnungsbau, S. 25, <a href="https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
286	Bauvolumen Hochbau in 2020 ohne Wohnungsneubau, S. 16, <a href="https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=6460D137E1162161E4C7CD972ECAC8E0.live11314?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
43	1/22 des unter Maßnahme 11 errechneten erforderlichen Investitionsvolumens für klimaneutrale Heizung und Warmwasser-Erzeugung im Wohnungs- und Nicht-Wohnungsbestand
15%	Erforderliche jährliche Investition in klimaneutrale Heizung und Warmwasser in % des Hochbauvolumens 2020 ohne Neubau



### 3.4 Gesamteffekte

#### Ausgangsdaten

Tabelle – Ausgangsdaten für die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Effekte

Faktor	Aufkommen	Anteile Bund, Länder, Gemeinden			Quellen
		% Bund	% Länder	% Gemein- den	
Erwerbstätige (in Mio.)	44,8				2021, <a href="https://de.statista.com/themen/5602/arbeitsmarkt-in-deutschland/#topicHeader__wrapper">https://de.statista.com/themen/5602/arbeitsmarkt-in-deutschland/#topicHeader__wrapper</a>
Haushaltseinkommen	1.777				Laut Statistisches Bundesamt in 2018,
Lohn- und Einkommenssteuer	343	42,5%	42,5%	15,0%	Wert 2021, <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6">https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6</a>
Umsätze Unternehmen	6.500				2020, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/239431/umfrage/umsatz-der-unternehmen-in-deutschland-nach-umsatzgroessenklassen/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/239431/umfrage/umsatz-der-unternehmen-in-deutschland-nach-umsatzgroessenklassen/</a>
Gewerbesteuer	61,1	3,6%	13,6%	82,8%	Wert 2021, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77610/umfrage/einnahmen-aus-der-gewerbesteuer-seit-1999/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77610/umfrage/einnahmen-aus-der-gewerbesteuer-seit-1999/</a> Aufteilung: <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3</a> Orientierungswerte für Gewerbesteuer-Umlage: <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Gewerbesteuerumlage">https://de.wikipedia.org/wiki/Gewerbesteuerumlage</a>
Gewinne Unternehmen	281				Aufkommen Körperschaftssteuer geteilt durch Steuersatz 15% <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
Körperschaftsteuer	42,1	50,0%	50,0%	0,0%	Wert 2021, <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6">https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6</a> Aufteilung: <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3">https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzan/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Der-Bundestaatliche-FAG.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=3</a>
Umsatzsteuer Inland	188	49,6%	47,2%	3,2%	2021, <a href="https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6">https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/01/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-steuereinnahmen-2021-pdf.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6</a>
<b>Summe Steuern</b>	<b>446</b>				

#### Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP)

Für den Effekt auf das Brutto-Inlandsprodukt sind zum einen die Zusatz-Investitionen relevant, die eine Umsetzung der Roadmap verursacht. Um diese zu ermitteln, werden von der dafür erforderlichen jährlichen Gesamtinvestition das Investitionsvolumen für Gebäudewärme abgezogen, da dieses nicht zusätzlich zum aktuellen Investitionsvolumen im Bausektor ist, sondern aus Verlagerung von Investitionen innerhalb des Bausektors entsteht. Konjunktur-wirksam davon ist wiederum der Anteil, der im Inland ausgegeben wird. Dafür sind vereinfachend angesetzt: der für Arbeit (Planung und Montage) angesetzte Anteil von 25% ganz sowie der mit 75% angesetzte Anteil für Material abzüglich der Importquote bei Material.

Zum anderen steigert die hochlaufende Substitution fossiler Energie-Importe (derzeit 75 Mrd. €/a) durch in Deutschland erzeugtem EE-Strom und eFuel die Kaufkraft von Einwohnern und Unternehmen Deutschlands.

Die Summe dieser beiden Effekte auf das Brutto-Inlandsprodukt (BIP) wird noch durch den Multiplikator-Effekt gesteigert. Das BIP liegt dann 2024-2045 im Schnitt um 2,6% oder 95 Mrd. €/a über dem aktuellen BIP.

Nach Erzielung der Klimaneutralität geht das Investitionsvolumen auf das bisher übliche Maß zurück. Dauerhaft verbleibt die Wirkung der Importsubstitution fossiler Energieträger von 75 Mrd. €/a. Dies nach Multiplikator-Effekt ein BIP, das nach 2045 um 2,5% oder 90 Mrd. €/a über dem aktuellen BIP liegt.

Tabelle – Ableitung der zusätzlichen Investitionen und resultierender BIP-Effekte

Maßnahme	in Mrd.€/a	Quellen
Gesamtinvestitionen	128	
Davon umgelenkt: Investitionen Gebäudewärme	43	Annahme: Angesichts knapper Kapazitäten in der Bauwirtschaft werden die Investitionen in klimaneutrale Heizung und Warmwasserversorgung andere Investitionen zu ersetzen. D.h. der gesamte Betrag dafür ist nicht zusätzlich
Zusatzinvestitionen	85	

**BIP-Effekte der Kernmaßnahmen**

Faktor	Einkommenssteigerung				Kommentar
	bis 2045			nach 2045	
	Aus Ersatz Importe fossile Energieträger	Aus Investitionen für Klimaneutralität	Summe		
Zusätzliches Inlandseinkommen (in Mrd. €/a)	38	41	79	75	Ersatz Importe fossiler Energieträger linear hochwachsend auf: Steinkohle 2018: 95,5 €/to SKE x 22,1 Mio. to SKE = 2,11 Mrd. €, <a href="https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Drittlandskohlepreis/drittlandskohlepreis_node.html">https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Drittlandskohlepreis/drittlandskohlepreis_node.html</a> Gas 2021: 39,0 Mrd. €, Rohöl 2021: 33,8 Mrd. €, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151081/umfrage/importe-von-erdgas-und-roehel-nach-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151081/umfrage/importe-von-erdgas-und-roehel-nach-deutschland/</a> Investitionen für Klimaneutralität: wie für Kernmaßnahmen 1-10 errechnet, abzgl. der verlagerten Investition. Davon 25% für Planung und Durchführung der Montage <a href="http://www.windparkbirkenau.de/wp-content/uploads/2012/12/WKA-Wirtschaftlichkeit-Birkenau.pdf">http://www.windparkbirkenau.de/wp-content/uploads/2012/12/WKA-Wirtschaftlichkeit-Birkenau.pdf</a> Von den verbleibenden 75% (Preis für Herstellung der Anlagen) die Importquote 2021 des Maschinenbaus abgezogen, die der für EE-Anlagen nahe kommen sollte, <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/235625/umfrage/importquote-im-maschinenbau-in-">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/235625/umfrage/importquote-im-maschinenbau-in-</a>
Multiplikatoreffekt	1,20	1,20		1,20	<a href="http://www.diw.de/wochenbericht/nr_37/2019_s_663">DIW Wochenbericht Nr. 37/2019, S. 663.</a> <a href="https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.678076.de/19-37-3.pdf">https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.678076.de/19-37-3.pdf</a>
BIP 2021	3.601	3.601		3.601	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1251/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-seit-dem-jahr-1991/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1251/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-seit-dem-jahr-1991/</a>
Steigerung BIP aus Import-Substitution (in Mrd. €/a)	45	50	95	90	
% Steigerung BIP	1,25%	1,38%	2,6%	2,5%	

**Effekte des BIP auf Erwerbstätige, Unternehmen und Steueraufkommen**

Aus dieser BIP-Steigerung leiten sich dann durch Multiplikation mit den prozentualen BIP-Steigerungen weitere volkswirtschaftliche Effekte ab.

Tabelle – Zuwachs bei volkswirtschaftlichen Kennzahlen aufgrund der Umsetzung der Kernmaßnahmen und der damit verbundenen BIP-Steigerung

Faktor	Zuwachs aus BIP-Steigerung bis 2045				Zuwachs aus BIP-Steigerung bis 2045			
	Gesamt	Bund	Länder	Gemeinden	Gesamt	Bund	Länder	Gemeinden
Werte o.A. in Mrd. €/a								
Erwerbstätige (in Mio.)	1,2				1,1			
Haushaltseinkommen	47				44			
Lohn- und Einkommenssteuer	9	4	4	1	9	4	4	1
Umsätze Unternehmen	171				162			
Gewerbesteuer	2	0	0	1	2	0	0	1
Gewinne Unternehmen	7				7			
Körperschaftsteuer	1	1	1	0	1	1	1	0
Umsatzsteuer Inland	5	2	2	0	5	2	2	0
<b>Summe Steueraufkommen</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>

Den positiven Arbeitsplatzeffekten stehen selektiv Arbeitsplatzverluste entgegen.

Tabelle - Gegenläufige Arbeitsplatzeffekte in Braunkohlebergbau und konventionellen Kraftwerken

Basisdaten Branchen	Arbeitsplätze	Quelle
Arbeitsplätze Braunkohlebergbau (ohne Braunkohlekraftwerke)	14.870	2020, <a href="https://www.bundestag.de/resource/blob/871480/c7e9ecae92e7b46b993ad818506f74b3/WD-5-073-21-pdf-data.pdf">https://www.bundestag.de/resource/blob/871480/c7e9ecae92e7b46b993ad818506f74b3/WD-5-073-21-pdf-data.pdf</a>
Arbeitsplätze Braunkohlekraftwerke	4.613	2020, <a href="https://www.bundestag.de/resource/blob/871480/c7e9ecae92e7b46b993ad818506f74b3/WD-5-073-21-pdf-data.pdf">https://www.bundestag.de/resource/blob/871480/c7e9ecae92e7b46b993ad818506f74b3/WD-5-073-21-pdf-data.pdf</a>
Erzeugung fossile und Atomkraftwerke / Erzeugung Braunkohlekraftwerke	2,6	2021, <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2022/nettostromerzeugung-in-deutschland-2021-erneuerbare-energien-witterungsbedingt-schwaecher.html">https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2022/nettostromerzeugung-in-deutschland-2021-erneuerbare-energien-witterungsbedingt-schwaecher.html</a>
Arbeitsplätze fossile und Atomkraftwerke	12.180	Hochrechnung auf alle fossile und Atomkraftwerke auf Basis Arbeitsplätze Braunkohlekraftwerke

Die weiteren Arbeitsplatzeffekte sind in Abschnitt 2.5 geschildert.

## 4 Autor

Autor dieser Roadmap ist **Dr. Hartmut Fischer**, Geschäftsführer von Leonardo da Vinci Ventures gUG (haftungsbeschränkt). **Dr. Michael Koenen-Bergmann** und **MdB Thorsten Rudolph** waren wertvolle Sparring Partner bei der Erarbeitung.

Erfahrungen von Dr. Hartmut Fischer mit Relevanz für diese Roadmap sind:

### Berufserfahrung

- 13 Jahre in der Top-Managementberatung von
  - Konzernen und mittelständischen Unternehmen eines Spektrums von Branchen bei der win-win-Verbindung von Ergebnissteigerung und Umweltentlastung
  - Umweltbehörden auf Bundes- und Landesebene in der strategischen Ausrichtung und Aufbauorganisation
- 16 Jahre Aufbau und Leitung interne Managementberatung der Deutschen Bahn. Beratung zu Strategie, Marketing, Produktion und Führung in Konzernleitung und den DB-Sparten Personenverkehr, Güterverkehr und Infrastruktur
- 2 Jahre Leonardo da Vinci Ventures gUG. Gesellschaftszweck ist die Entwicklung und Verbreitung zukunftsfähiger Lösungen zum Klimaschutz

### Nebentätigkeiten

- Modellierung der Effekte einer Dematerialisierung der deutschen Volkswirtschaft auf Bruttoinlandsprodukt, Unternehmensgewinne und Arbeitsplätze. Die Ergebnisse hat DieZeit in einem ganzseitigen Artikel veröffentlicht. Dann hat der Autor die Ergebnisse in einer vertiefenden Untersuchung und Modellierung mit dem Institut der deutsche Wirtschaft Köln und Prognos validiert.
- Konzeption des „Impulsprogramm Materialeffizienz“. Verankerung im Bundeshaushalt mit den Spitzen der damaligen rot-grünen Koalition. Unterstützung des Wirtschaftsministeriums bei Aufsetzen und Durchführen des Programms als Vorsitzender dessen Beirats.
- Beratung von Greenpeace Deutschland bei der Erarbeitung von Positionen zum öffentlichen Verkehr im Vorfeld der Bundestagswahl 2021. Modellierung der Kosten- und Beschäftigungseffekte einer deutlichen Verkehrsverlagerung von Pkw auf Bus und Schiene.
- Beratung von GermanZero bei Konzeption und Umsetzung einer Neuaufstellung im Bereich Klimapolitik.
- Erarbeitung eines ausführlichen Leitfadens für die Umsetzung von Klimaneutralität in Kommunen als Beitrag zu der Arbeit von GermanZero.

### Ausbildung

- Dipl. Soz. Arb., Fachhochschule für Sozialarbeit und Sozialpädagogik, Berlin
- B.Sc. Environmental Resources Engineering, Humboldt State University, USA
- M. Sc. Engineering Management, Stanford University, Kalifornien
- Dr. rer. oec. mit Schwerpunkt Controlling und Prozessoptimierung in der Industrie, Technischen Universität Berlin