

Klimaschutzszenarien vs. Realität

Wo ist Beschleunigung notwendig und wie kann sie gelingen?

Annika Tönjes, *Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie*

Dr.-Ing. Matthias Jordan, *Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung*

Dr. Björn Rau, *Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie*

Dr. Sascha Samadi, *Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie*

Jörg Schröder, *Deutsches Biomasseforschungszentrum*

Dr. Nora Szarka, *Deutsches Biomasseforschungszentrum*

Was sagen aktuelle Klimaschutzszenarien über die Notwendigkeit der Beschleunigung der Energiewende aus?

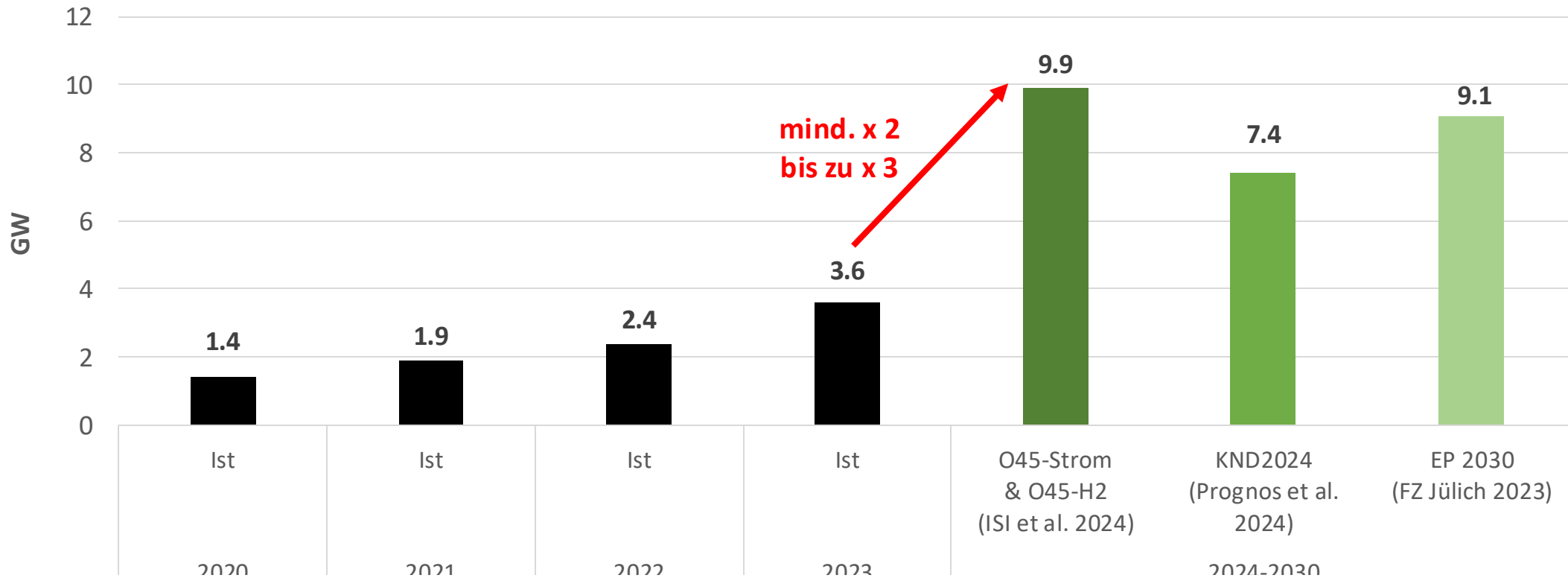
Vorgehensweise und Vortragsstruktur

- Metaanalyse von Szenarien aus insg. 8 Szenariostudien aus den Jahren 2021–2024*
- Betrachtung der Sektoren Energieerzeugung, Gebäude, Industrie und Verkehr
- Vergleich aktueller Entwicklungen einzelner sektoraler Kenngrößen mit Klimaschutzszenarien
- Herausarbeitung von Treibern und Barrieren für beschleunigte Umsetzung entlang der STEEP-Dimensionen
- Kleine „Deep Dives“ in Maßnahmen, die zur Beschleunigung der Energiewende beitragen können

** Es wurden nicht alle Szenarien aus allen Studien für alle Vergleiche herangezogen. Bei den quantitativen Vergleichen für 2030 lag der Fokus aufgrund des kurzen Zeithorizonts auf Szenarien aus den neuesten Studien. Bei den acht Studien handelt es sich um Agora Think Tanks (2024), Boston Consulting Group (2021), Deutsche Energie-Agentur (2021), Forschungszentrum Jülich (2023), Fraunhofer ISI et al. (2021), Fraunhofer ISI et al. (2024), Luderer et al. (2021) und Prognos et al. (2021) (s. Folie 14 für Literatur-Angaben).*

Der Energiesektor

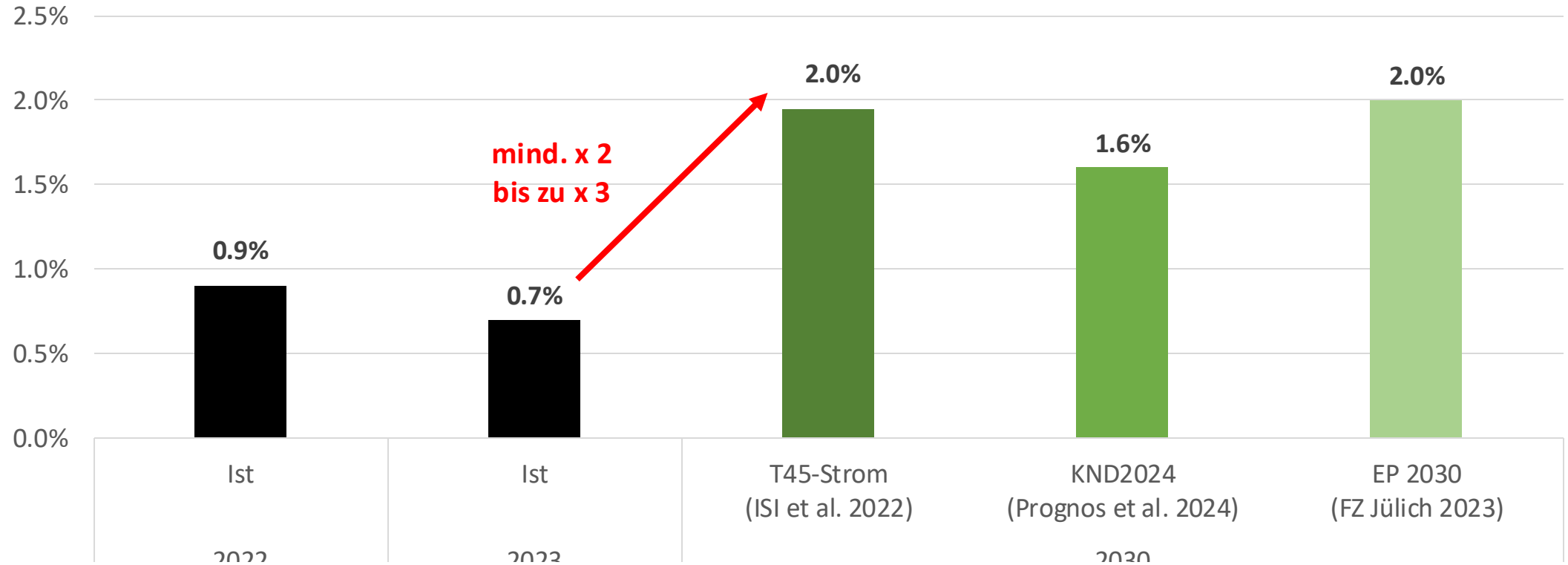
Jährlicher Brutto-Zubau der Onshore-Windenergie



- Ist-Daten nach Bundesverband WindEnergie (2024)
- Szenario-Angaben: Ca. notwendiger durchschnittlicher jährlicher Brutto-Zubau ab 2024, um angenommene installierte Kapazitäten 2030 zu erreichen
- O45-Strom und O45-H2: Zwei „Orientierungsszenarien“ des Projekts „Langfristszenarien“ (Fraunhofer ISI et al. 2024)
- KND2024: Aktuelles Szenario „Klimaneutrales Deutschland“ (Agora Think Tanks 2024),
- EP 2030: Szenario „Energieperspektiven 2030“ (Forschungszentrum Jülich 2023)

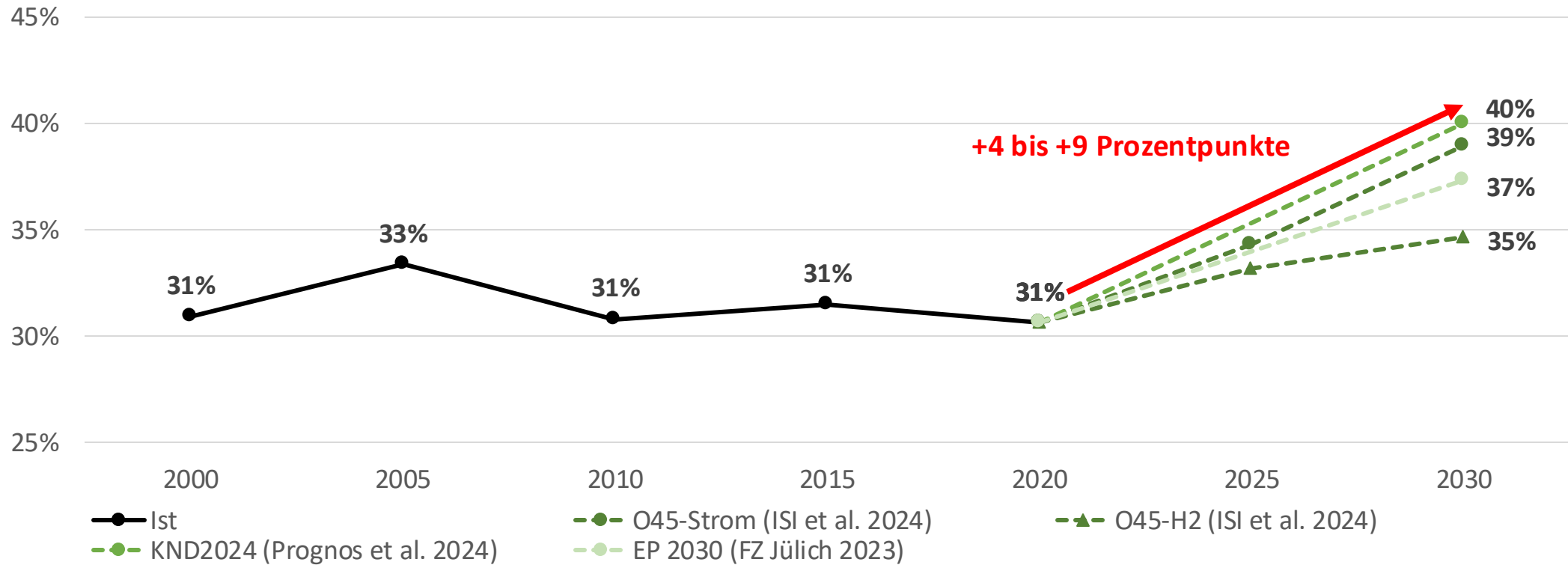
Der Gebäudesektor

Jährliche energetische Sanierungsrate des Gebäudebestands



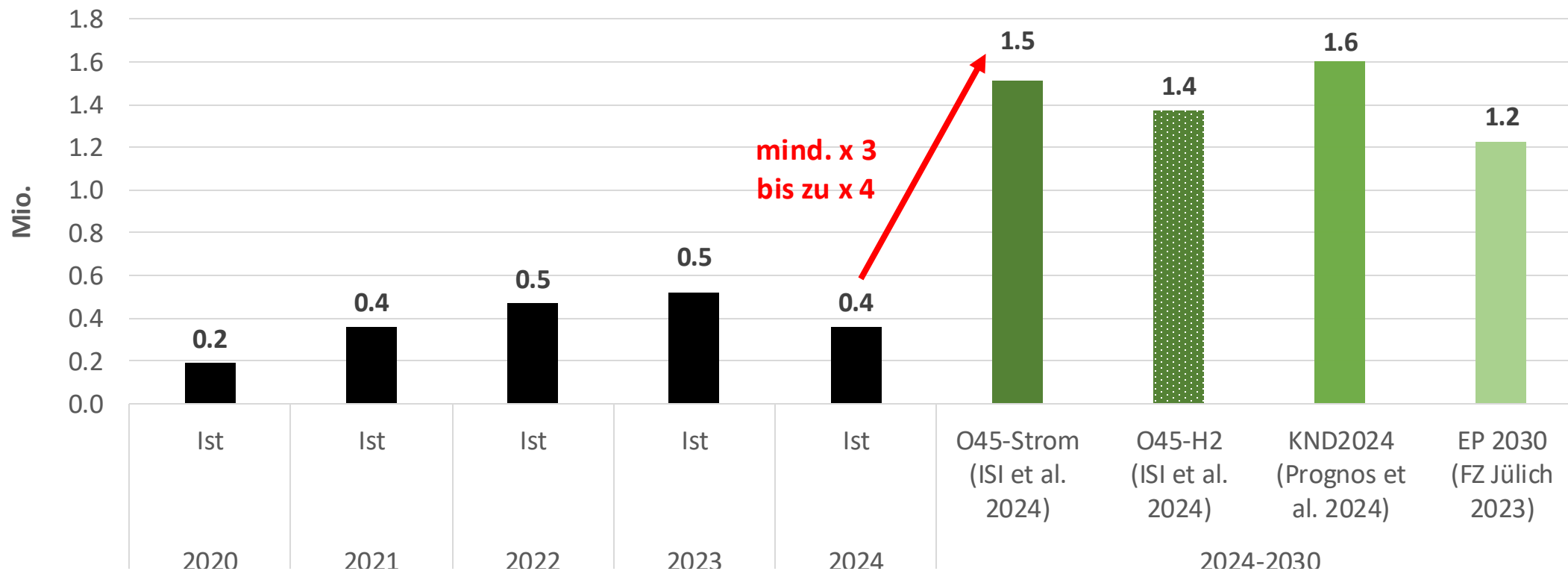
- Ist-Daten nach B+L Marktdaten Bonn (2023), im Auftrag des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG)
- Szenario-Angaben: Angegebene energetische Sanierungsraten des Gebäudebestands im Jahr 2030
- T45-Strom: Szenario aus Projekt "Langfristszenarien" (Fraunhofer ISI et al. 2021); keine Werte vorliegen für O45-Szenarien
- KND2024: Aktuelles Szenario "Klimaneutrales Deutschland" (Agora Think Tanks 2024)
- EP 2030: Szenario „Energieperspektiven 2030“ (Forschungszentrum Jülich 2023)

Der Industriesektor Anteil von Strom am Endenergieverbrauch der Industrie



- Ist-Daten nach AG Energiebilanzen (2024)
- Szenario-Angaben: Angegebene Anteile von Strom am Endenergieverbrauch der Industrie im Jahr 2030
- O45-Strom und O45-H2: Zwei „Orientierungsszenarien“ des Projekts „Langfristszenarien“ (Fraunhofer ISI et al. 2024)
- KND2024: Aktuelles Szenario „Klimaneutrales Deutschland“ (Agora Think Tanks 2024)
- EP 2030: Szenario „Energieperspektiven 2030“ (Forschungszentrum Jülich 2023)

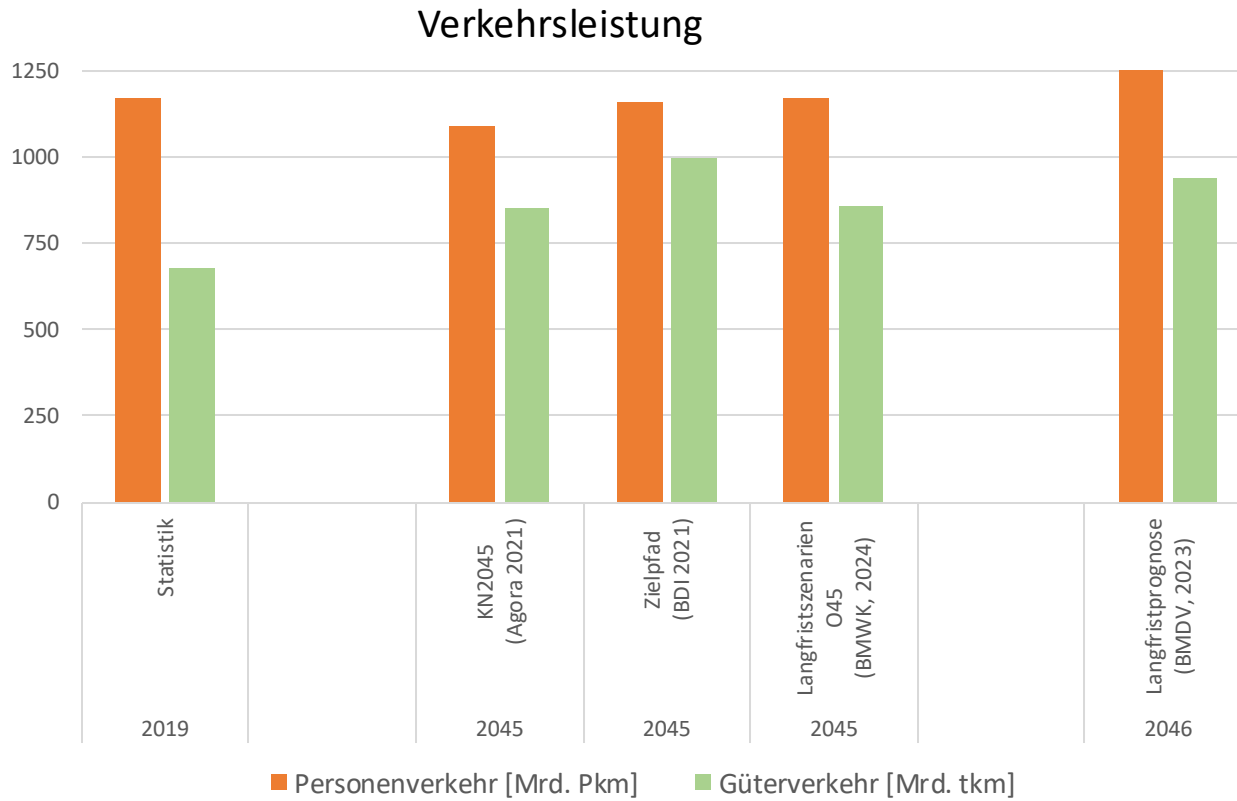
Der Verkehrssektor Jährliche Neuzulassungen von Elektro-Pkw (BEV plus FCEV)



- Ist-Daten nach Kraftfahrt-Bundesamt (2024); Wert für 2024 stellt eine Hochrechnung auf Basis der Neuzulassungen bis einschließlich August dar.
- Szenario-Angaben: Ca. notwendige durchschnittliche Neuzulassungen ab 2024, um angenommene Bestände im Jahr 2030 zu erreichen
- O45-Strom und O45-H2: Zwei „Orientierungsszenarien“ des Projekts „Langfristszenarien“ (Fraunhofer ISI et al. 2024)
- KND2024: Aktuelles Szenario „Klimaneutrales Deutschland“ (Agora Think Tanks 2024)
- EP 2030: Szenario „Energieperspektiven 2030“ (Forschungszentrum Jülich 2023)

Der Verkehrssektor

Ausblick 2050: Verkehrsleistung und Modal Split

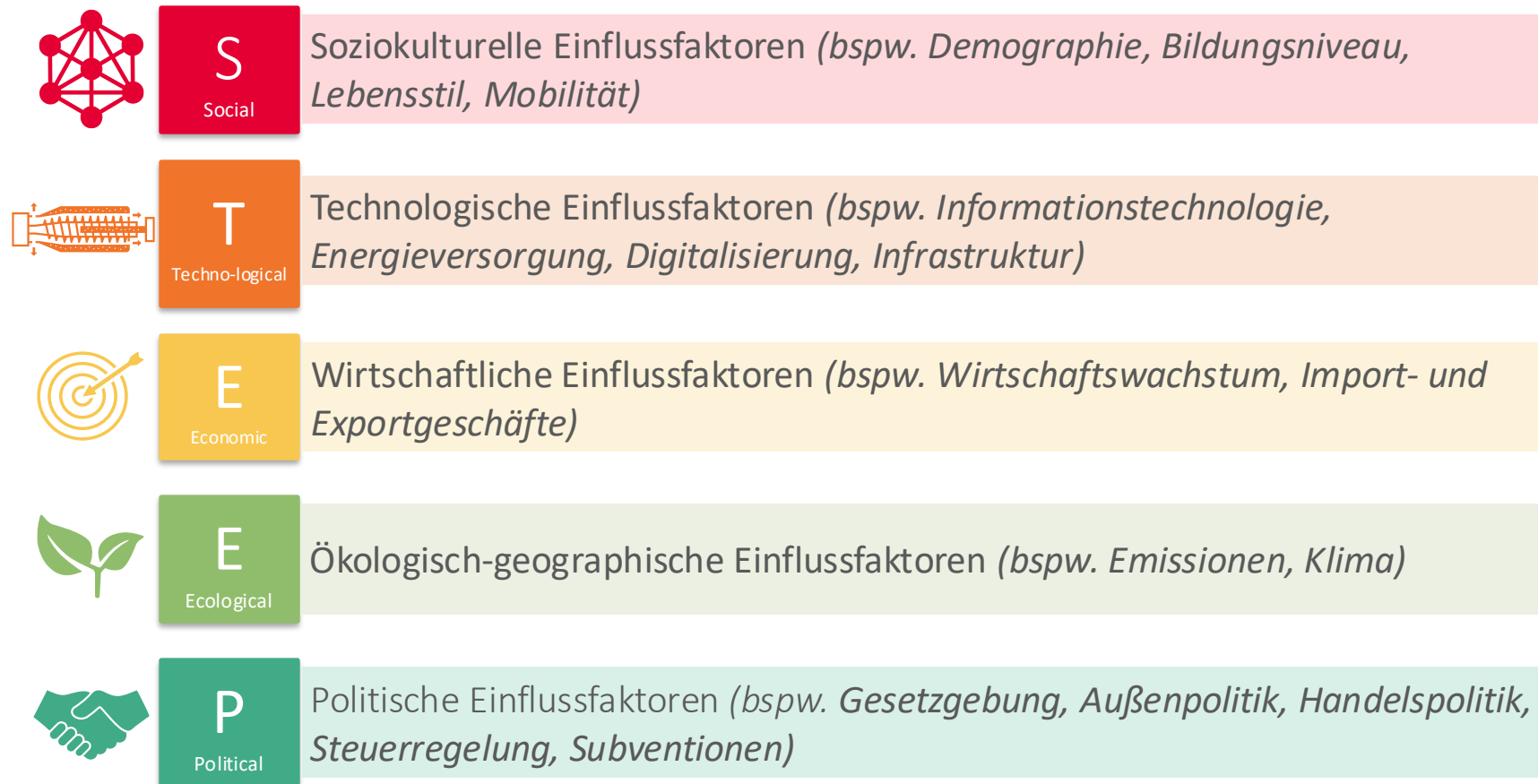


Modal Split (Änderung ggü. 2019)

Personenverkehr	Szenarien	Prognose
Pkw	-15%, -1%, +2%	-4%
Zug	+16%, +5%, +2%	+3%
Flugzeug	-5%, -6%, -5%	+1%
Bus	+4%, +2%, 0%	+0%

Güterverkehr	Szenarien	Prognose
Lkw	-8%, -3%, -4%	+4%
Zug	+7%, +4%, +5%	-2%
Binnenschiff	+1%, -1%, -1%	-2%

Treiber und Barrieren der Transformation




Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI, 2024). PESTEL-Methode / PESTLE-Technik / PESTEL-Analyse.

Treiber und Barrieren der Transformation

INDUSTRIESEKTOR

S
Sozial

➤ Hochqualifizierte Handwerker, Kapazitäten



T
Technologisch

➤ Technologische Innovation

- CCS
- Wasserstoff
- Elektrifizierung
- Biomasse

➤ Energieeffizienz

➤ Lock-in




E
Ökonomisch

➤ Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz

➤ Verlagerung der Produktion


➤ Bioökonomie



E
Ökologisch

➤ Einsatz CO2-neutraler Energieträger (v.a. Strom und Wasserstoff)

➤ Carbon leakage



P
Politisch

➤ Weiterentwicklung NABIS

➤ EU-ETS

➤ CO2 Preis




Luderer et al. (2021)

Treiber und Barrieren der Transformation

GEBÄUDESEKTOR


S
Sozial

- Engpässe in Baugewerbe (hochqualifizierte Handwerker, Kapazitäten)
- Sozialverträgliche Sanierung und Wärmewende




T
Technologisch

- Austausch von Heizsystemen
- Treibhausgasneutrale Geräte und Prozesse




E
Ökonomisch

- Ausbau Wärmenetze
- Steigerung der Sanierungsrate und -tiefe



E
Ökologisch

- Konsequenter Energieträgerwechsel



P
Politisch

- Strompreisreform
- Rahmenstellung für Einsatz von Biomasse u.a. in der Fernwärme




Luderer et al. (2021)

Treiber und Barrieren der Transformation

VERKEHRSSSEKTOR

S


Sozial



- Wechsel der Mobilitätsform
 - Erhöhung der Verkehrsleistung der Schiene
 - Intermodaler- bzw. multimodaler Verkehr
- Sozialverträgliche Verkehrswende
- Öffentliche Diskussion (Biokraftstoffen, E-Autos..)

T


Technologisch



- Innovation neuer Kraftstoffe v.a. in der Luft- und Schwerlast
- Infrastruktur für Elektromobilität
- Lock-in Autoindustrie

E


Ökonomisch



- Investition für den Ausbau der Infrastruktur

E


Ökologisch



- Direkte und indirekte Elektrifizierung
- Hoher Bedarf an erneuerbarer Energie

P

Politisch



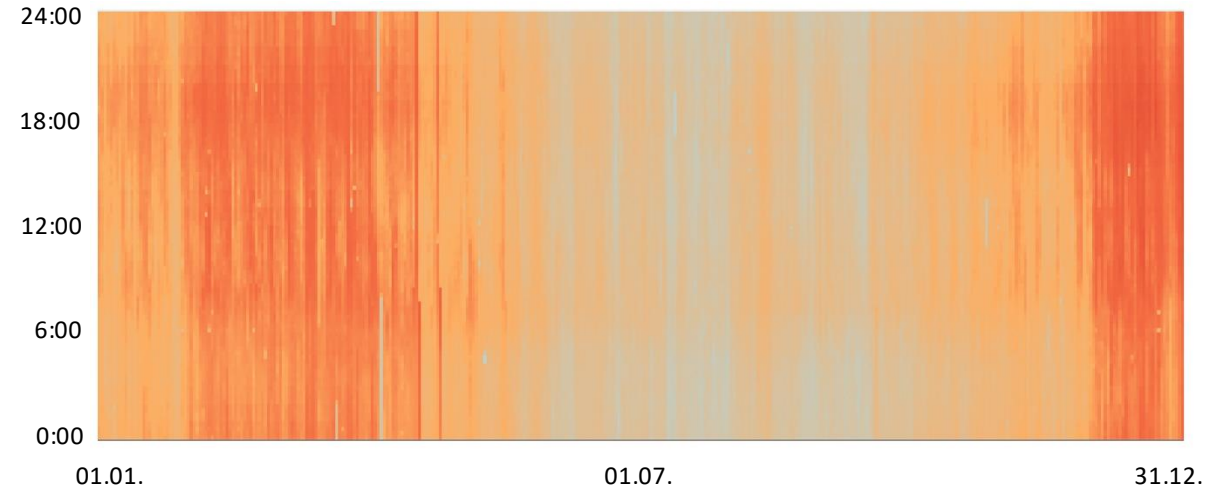
- CO2 Preis
- THG Quote
- EU-ETS
- Förderanreize E-Autos
- RED II

Luderer et al. (2021)

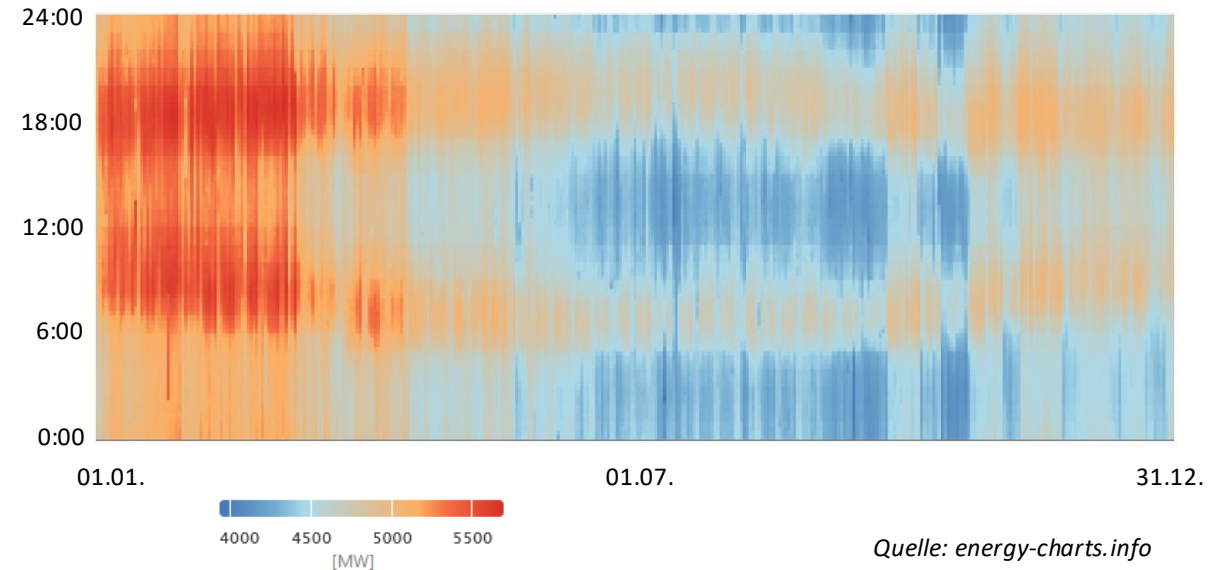
Deep Dive: Bioenergie für die flexible Energiebereitstellung

- 2016 → 2023: Wandel von Grundlast zu flexibler Strombereitstellung erkennbar
- Modellergebnisse zeigen*: Flexibilität heißt zukünftig Einsatz von Biomasse in schwer zu elektrifizierenden Bereichen
 - Hochtemperatur Industrie
 - Schiffs- und Flugverkehr
 - Steigender Bedarf der flexiblen Strombereitstellung ...sowie Bereitstellung negativer Emissionen.
- Bioökonomie: Steigende Nachfrage zur stofflichen Nutzung erwartet + BECCU

Öffentliche Nettostromerzeugung aus Biomasse in Deutschland 2016



Öffentliche Nettostromerzeugung aus Biomasse in Deutschland 2023



*Meisel et. al. (2024) & Jordan et. al. (2023)

Quelle: energy-charts.info



Beratungsstelle und Reallabor für BIPV am HZB

Deep Dive: Urbane Photovoltaik Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) ist ein Schlüssel für die Energiewende

- Solare Aktivierung bereits vorhandener Flächen in der bebauten Umgebung durch Doppelnutzung
- Großes Potenzial für sauberen Strom von „vor Ort“
- Deutschland: >1.200 km² | 136 TWh → bis zu ¼ des aktuellen Stromverbrauches*
- Realität: nur 2% Marktanteil. Warum?
 - **Wissenslücke**/Unkenntnis über Chancen und Möglichkeiten bei Architekt:innen, Planenden und Bauverantwortlichen
 - Solarmodul wird zum **Bauprodukt** (Fassade, Dach, Brüstung, ...)
 - **Gestaltung** (Farbe, Transparenz, Formflexibilität im Fokus)
 - **Regelungen** der Bauwelt (Baurecht, Brandschutz, ...)
- Reallabore und Technologie- und Wissenstransfer (Austausch & Beratung)



Abbildungen alle © BAIP/HZB außer 1. Megasil, 2. Autaraq, 3. SEV Bayern, Architekturpreis Solartechnik (Lund+Stoatto Architekt), 4. GEWOBA AG (Caparol), 5. MONOLITH im Feld (Schnepp Renou)

*ICARES et al. 2019

Literatur

- AG Energiebilanzen (2024). Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2023. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/11/awt_2023_d.pdf
- Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf
- B+L Marktdaten Bonn (2023). Marktdatenstudie zur Sanierungsquote. Im Auftrag des Bundesverbands energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG). <https://buveg.de/sanierungsquote/>
- Boston Consulting Group (BCG, 2021). Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021_bdi_klimapfade_2.0_-_gesamtstudie_-_vorabve
- Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI, 2024). PESTEL-Methode / PESTLE-Technik / PESTEL-Analyse. (https://www.orghandbuch.de/Webs/OHB/DE/OrganisationshandbuchNEU/4_MethodenUnMethodenUn/Methoden_A_bis_Z/PESTEL_Methode/PESTEL_Methode_node.html)
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV, 2023). „Prognose 2022“. Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/prognose-berichtgleitende-langfrist-verkehrsprognose.pdf?__blob=publicationFile
- Bundesverband WindEnergie (BWE, 2024). Windenergie in Deutschland – Zahlen und Fakten. <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/deutschland/>
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (dena, 2021). dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf
- Forschungszentrum Jülich (2023). Energieperspektiven 2030. Detailergebnisse. <https://www.fz-juelich.de/de/ice/ice-2/aktuelles/news/energieperspektiven-2030>
- Fraunhofer ISI, consentec, ifeu, TU Berlin, E&R (2021). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/dokumente/>
- Fraunhofer ISI, consentec, ifeu, TU Berlin, E&R (2024). Langfristszenarien 3. Wissenschaftliche Analysen zur Dekarbonisierung Deutschlands. <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>
- ICARES (Becquerel Institute), TECNALIA, SUPSI, WIP, ONYX, SCHWEIZER (2019). BIPV boost. Update on BIPV market and stakeholder analysis. <file:///Users/annikato/Downloads/update-on-bipv-market-and-stakeholder-analysis.pdf>
- Jordan, M., Meisel, K., Dotzauer, M., Schröder, J., Cyffka, K.-F., Dögnitz, N., Schmid, C., Lenz, V., Naumann, K., Daniel-Gromke, J., de Paiva, G. C., Schindler, H., Aliabadi, D. E., Szarka, N., & Thrän, D. (2023). The controversial role of energy crops in the future German energy system: The trade offs of a phase-out and allocation priorities of the remaining biomass residues. In Energy Reports (Vol. 10, pp. 3848–3858). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.055>
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA, 2024). Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit alternativem Antrieb im August 2024 (FZ 28). https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n_umwelt_node.html
- Luderer, G., Kost, C., & Sörgel, D. (2021). Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Potsdam Institute for Climate Impact Research. <https://doi.org/10.48485/PIK.2021.006>
- Meisel, K., Jordan, M., Dotzauer, M., Schröder, J., Lenz, V., Naumann, K., Cyffka, K.-F., Dögnitz, N., Schindler, H., Daniel-Gromke, J., de Paiva, G. C., Schmid, C., Szarka, N., Majer, S., Müller-Langer, F., & Thrän, D. (2024). Quo Vadis, Biomass? Long-Term Scenarios of an Optimal Energetic Use of Biomass for the German Energy Transition. In V. S. Manikan dan (Ed.), International Journal of Energy Research (Vol. 2024, Issue 1). Wiley. <https://doi.org/10.1155/2024/6687376>
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf