
„Das zukünftige Energiesystem im Spannungsfeld von Klimaneutralität und Ressourcenabhängigkeit“

Vortrag bei den Old Tablers 7 Saarbrücken

Saarbrücken, den 13. Juni 2022

Uwe Leprich

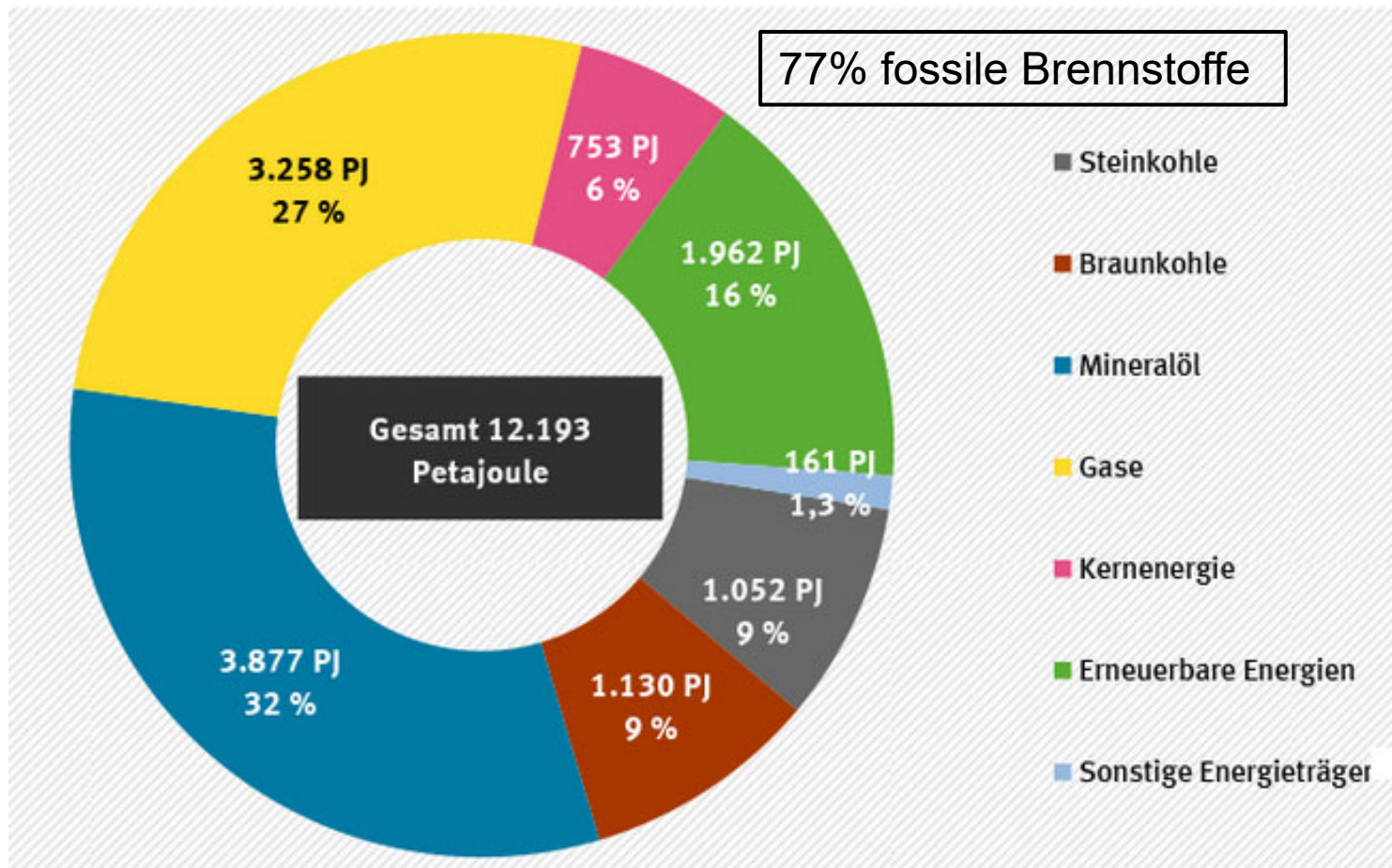


1. Das heutige Energiesystem

Quelle:

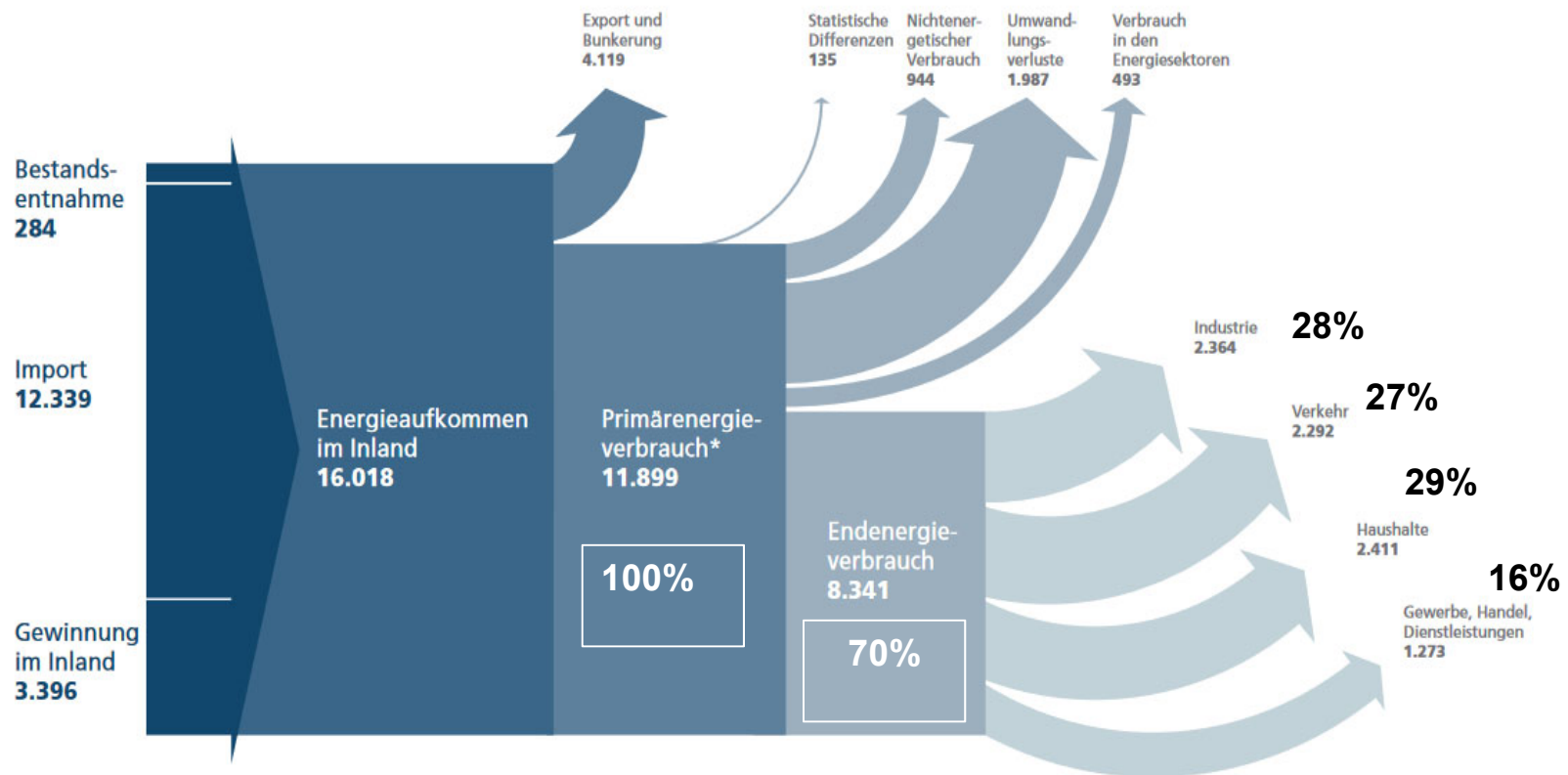
Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Primär- und Endenergieverbrauch 2020/21



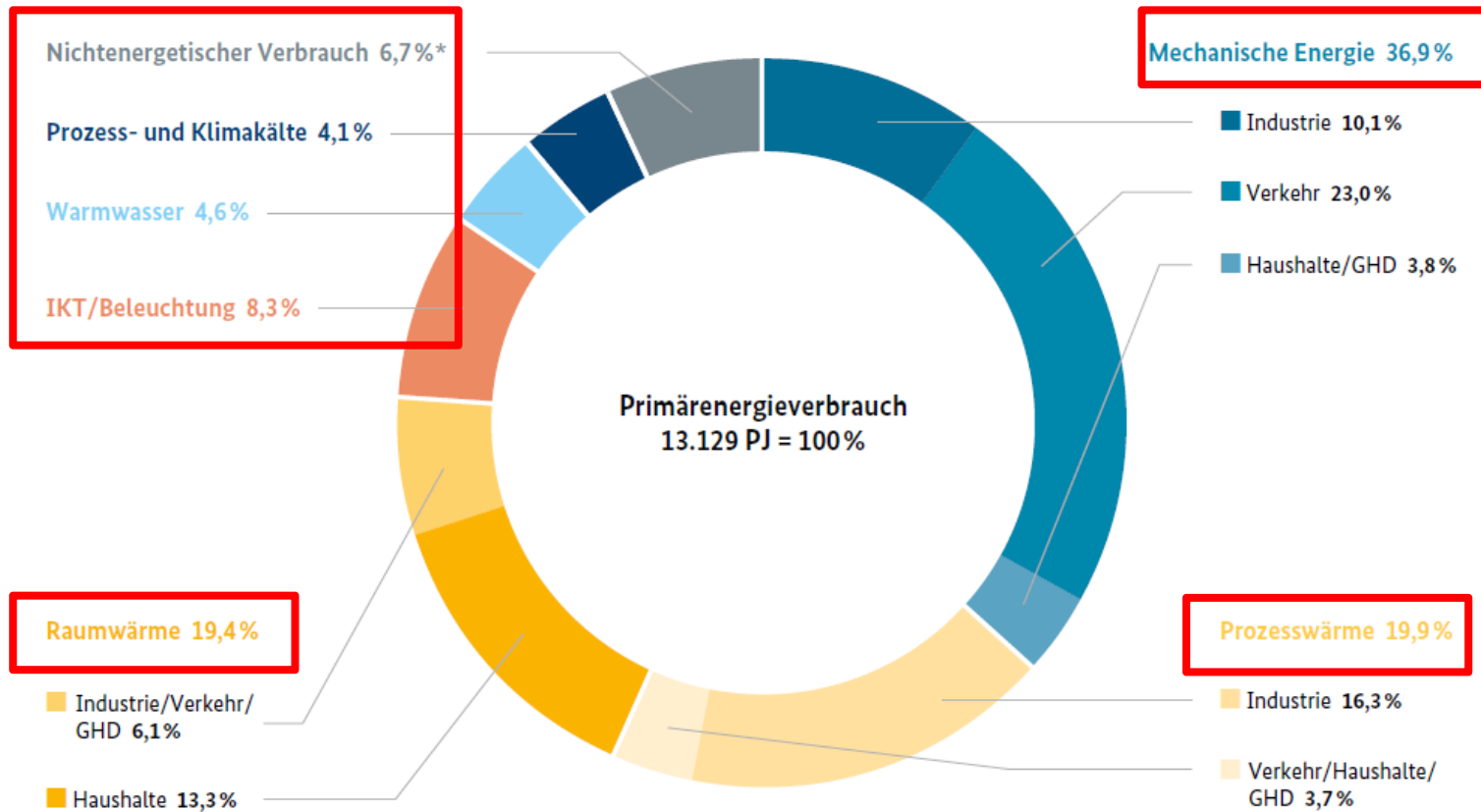
Primär- und Endenergieverbrauch 2020/21

Energieflussbild 2020* für die Bundesrepublik Deutschland in Petajoule (PJ)



Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

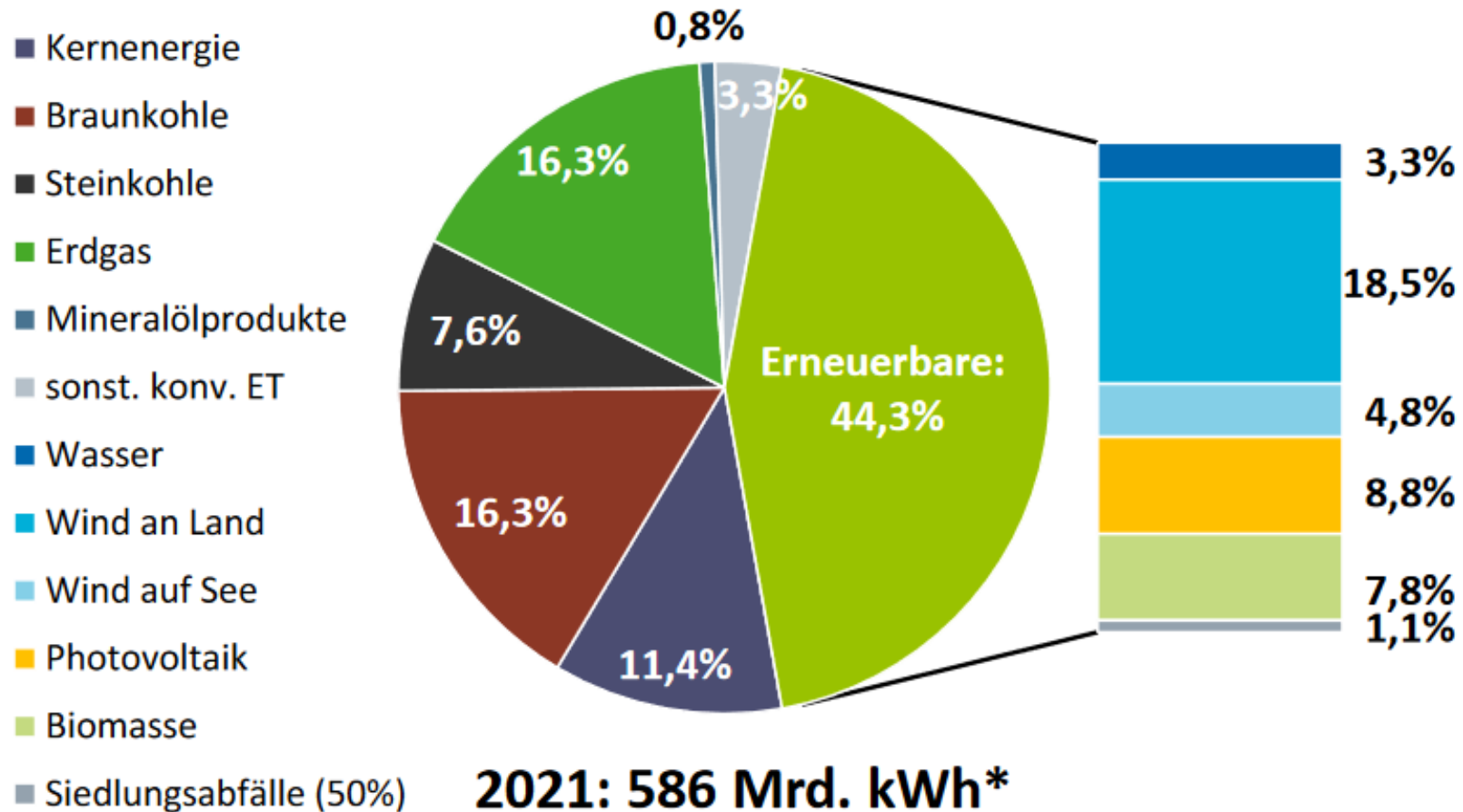
Verursachergerechte Aufteilung des PEV in D 2018



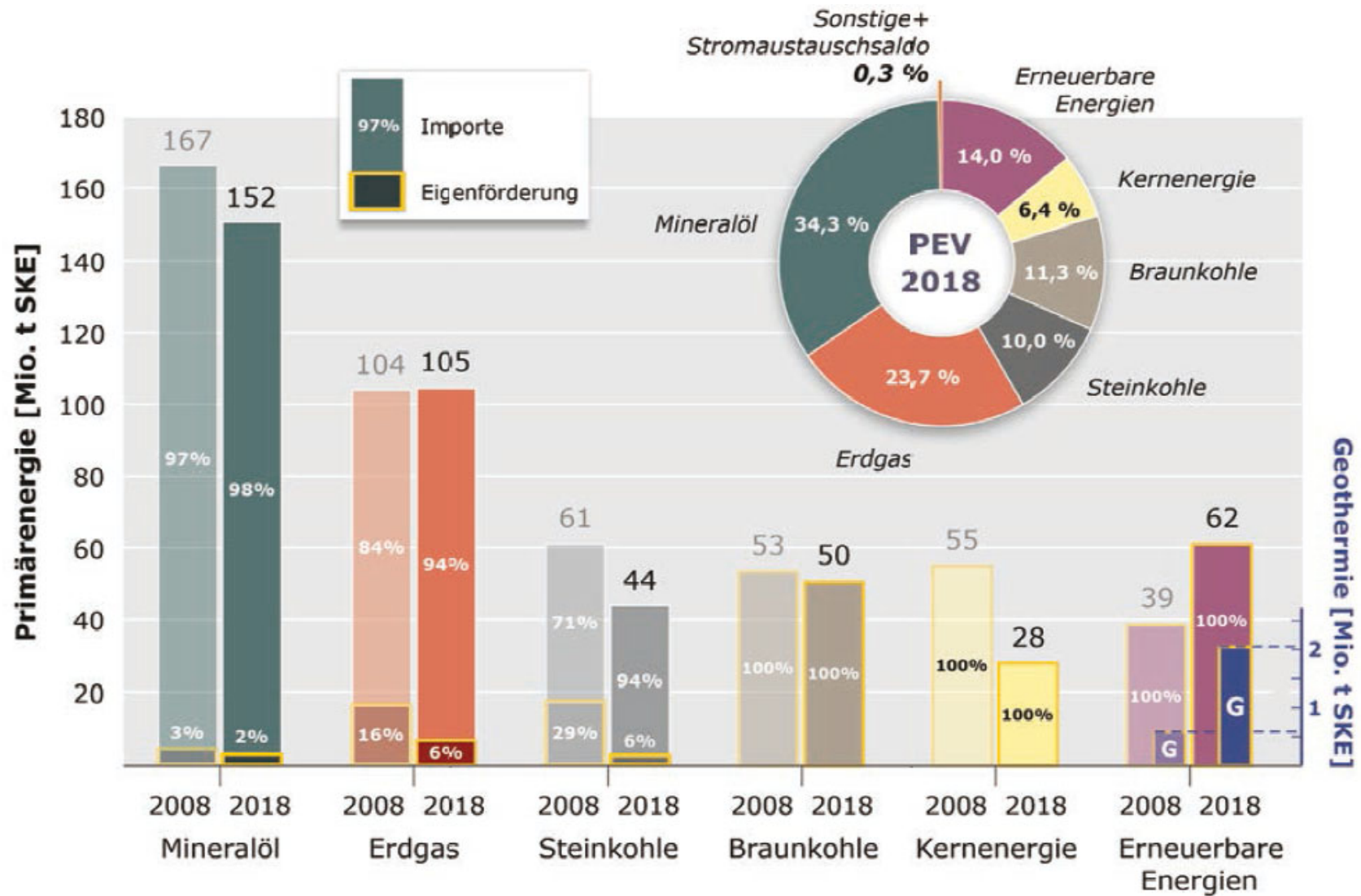
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020; AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Lepriech, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Stromerzeugung 2021



Importabhängigkeit



Importabhängigkeit

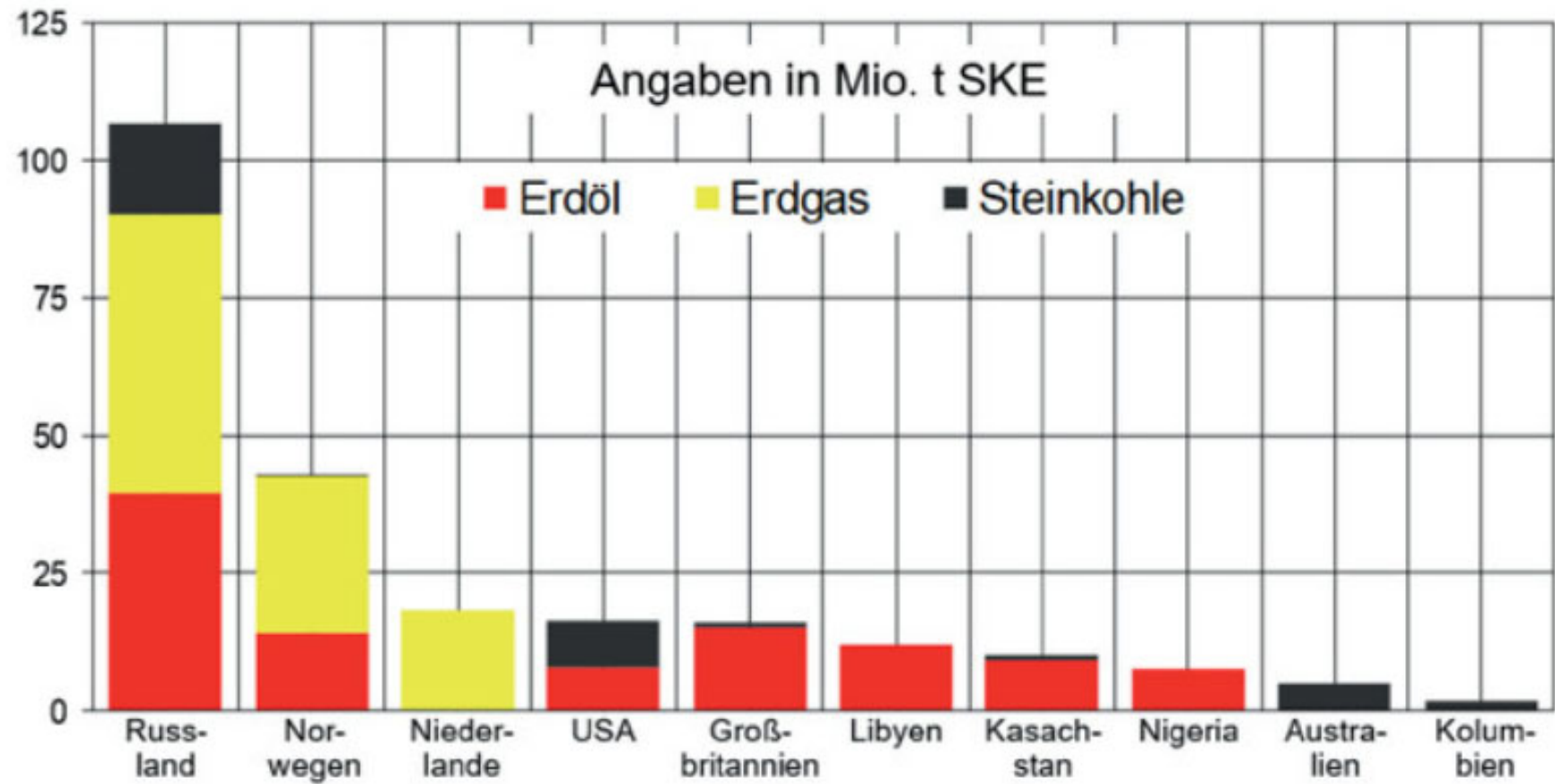
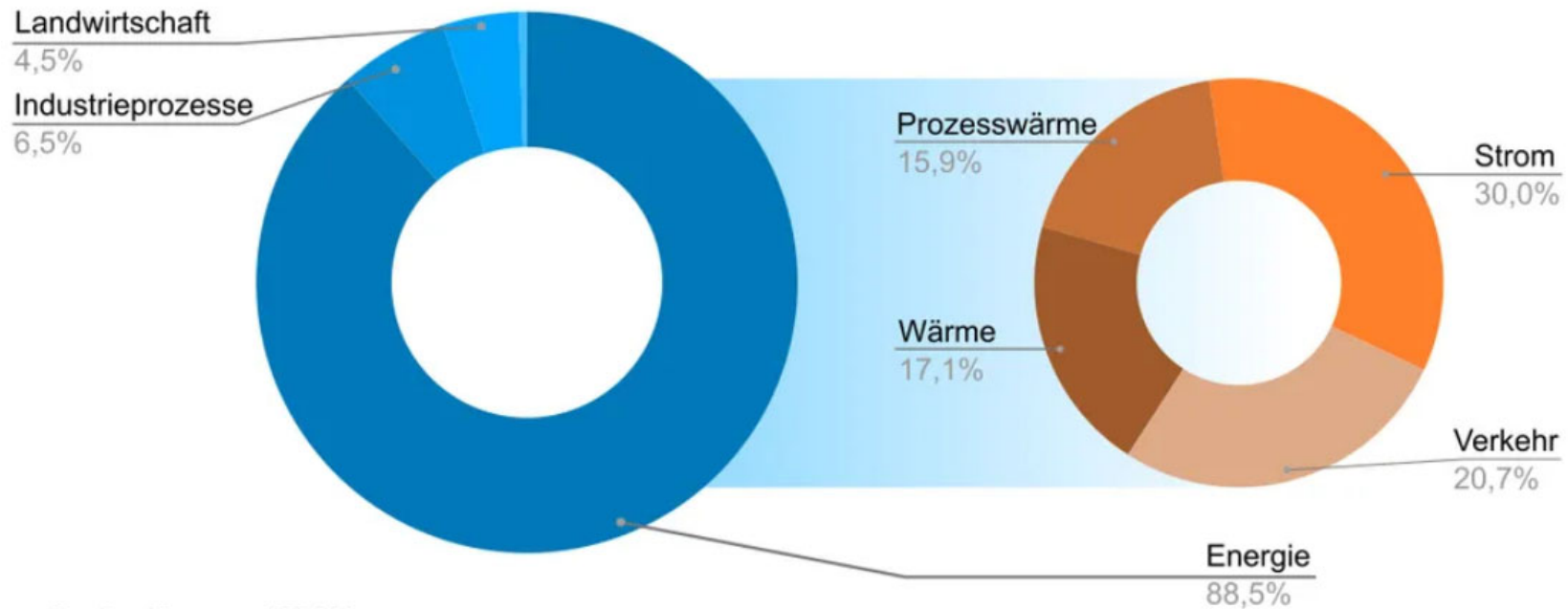


Abb. 1 Deutschlands Energie-Rohstofflieferanten 2019

Quelle: H.-W. Schiffer in VGB Powertech Heft 6/2020

Energiesystem und Treibhausgase in Deutschland

Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Verursacher in CO₂-Äquivalenten (GTP100)



Quelle: Eurostat (2018)

Kurzfazit

- Deutschlands Energieversorgung beruht auch aktuell noch zu 77% auf fossilen Energieträgern.
- Nur bei der Stromerzeugung nähert sich der Anteil der erneuerbaren Energien den 50%.
- Das größte Anwendungsfeld im Energiesystem ist die mechanische Energie vor der Raum- und der industriellen Prozesswärme.
- Bis auf Braunkohle ist Deutschland nahezu vollständig auf Importe angewiesen.
- Mit Abstand der größte Importeur fossiler Brennstoffe nach Deutschland war bis zu diesem Jahr Russland.
- Die Verbrennung fossiler Energieträger verantwortet knapp 90% der Treibhausgasemissionen Deutschlands.

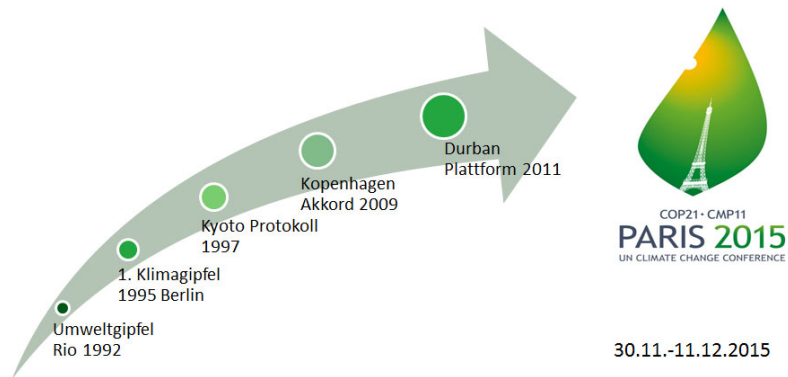
2. Klimapolitische Ziele

Quelle:

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Der Anker: Das Klimaabkommen von Paris 2015

Der lange Weg



Der Weltklimavertrag von Paris - ein Meilenstein für den globalen Klimaschutz



United Nations
Framework Convention on
Climate Change



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

Rechtsverbindliches Abkommen mit universeller
Beteiligung von **196 Staaten + EU**

Beschränkung der
Erderwärmung auf
"weit unter" 2 Grad Celsius

Netto-Null Emissionen von
Treibhausgasen nach Mitte des
21. Jahrhunderts

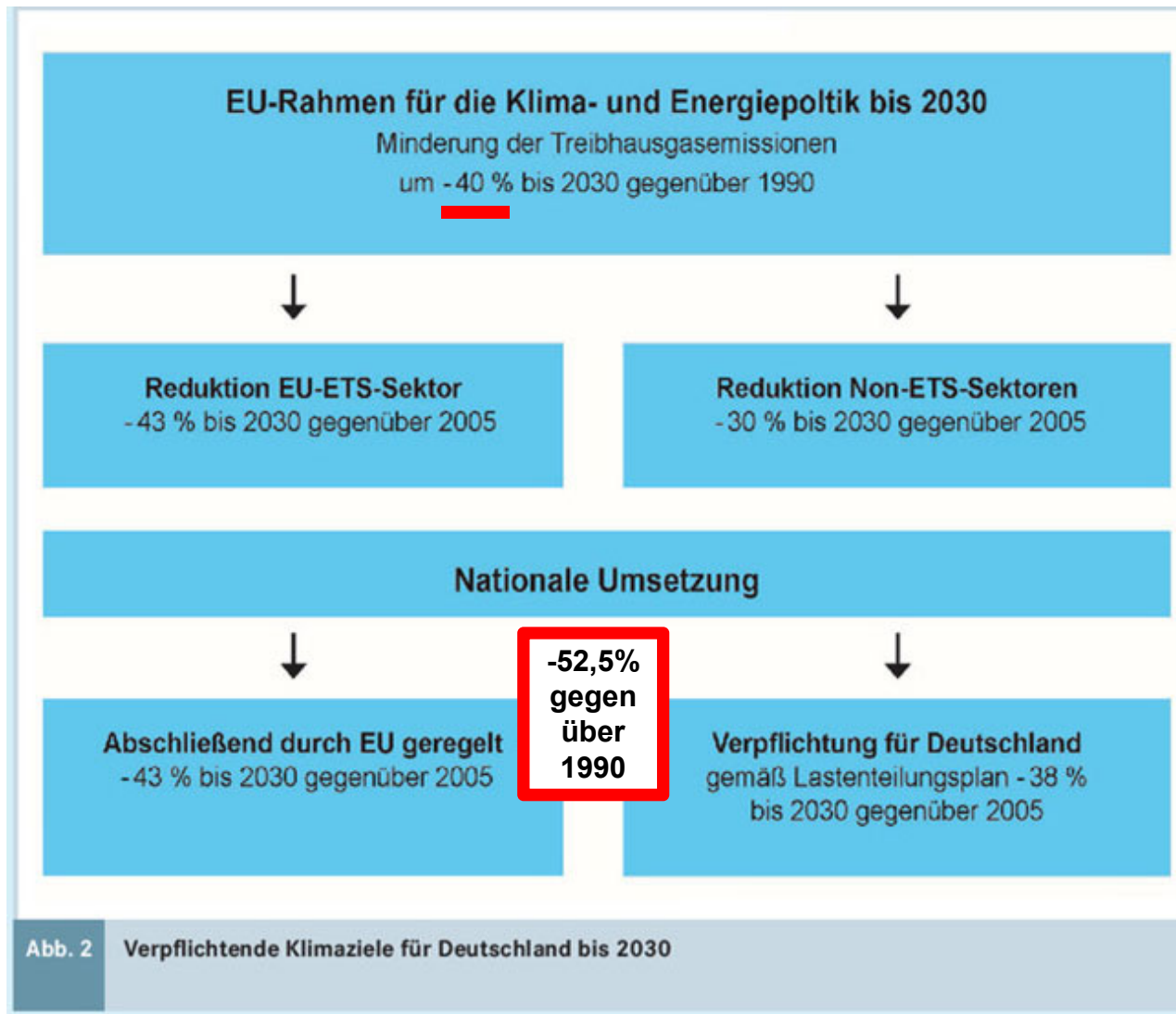
Nationale Emissionsziele
regelmäßig überprüft und
verschärft

Industrieländer stellen von
2020-2025 jährlich
100 Milliarden USD bereit

3. Juni 2022

Verpflichtende EU-Klimaziele für D

Quelle: Energiewirtschaftliche Tagesfragen Heft 7/8, 2018, S.42



Die EU als Klimaschutzvorreiter / Juli 2021

Umsetzung des europäischen Grünen Deals

Alle 27 EU-Mitgliedstaaten haben sich verpflichtet, die EU bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Sie vereinbarten hierzu, die Emissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 zu senken.

40 %

– neues Ziel für erneuerbare Energie
bis 2030

36–39 %

– neue Energieeinsparziele für den
Endenergie- und Primärenergieverbrauch
bis 2030

Senkung der
Emissionen von Pkw
bis 2030 um

55 %

Senkung der
Emissionen von Lkw
bis 2030 um

50 %

Emissionsfreie
Neuwagen bis 2035

Die Kommission schlägt vor:

- die Mitgliedstaaten dazu zu verpflichten, jährlich mindestens 3 % der Gesamtfläche aller öffentlichen Gebäude zu sanieren
- einen Richtwert von 49 % an erneuerbaren Energien in Gebäuden bis 2030 festzulegen
- von den Mitgliedstaaten zu verlangen, die Nutzung von erneuerbarer Energie zur Wärme- und Kälteerzeugung bis 2030 um jährlich 1,1 Prozentpunkte zu erhöhen

Das Bundesverfassungsgericht macht Dampf!

29. April 2021, 15:45 Uhr Bundesverfassungsgericht

Süddeutsche Zeitung

Warum der Klimaschutz-Beschluss ein Sensationserfolg für die Kläger ist

Erstmals verpflichtet das Bundesverfassungsgericht den Gesetzgeber dazu, beim Klimaschutz rechtzeitig Vorsorge zu treffen - und zwar auch für die Zeit nach 2030.

Deutschland soll früher klimaneutral werden

- Treibhausgasemissionen
 - Bis 2030: 65 % weniger CO₂ (bislang 55 %)
 - Bis 2040: 88 % weniger CO₂
 - 2045: Klimaneutralität (bislang 2050)
- Zulässige jährliche CO₂-Emissionsmengen für einzelne Sektoren wie Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr oder Gebäudebereich werden abgesenkt.



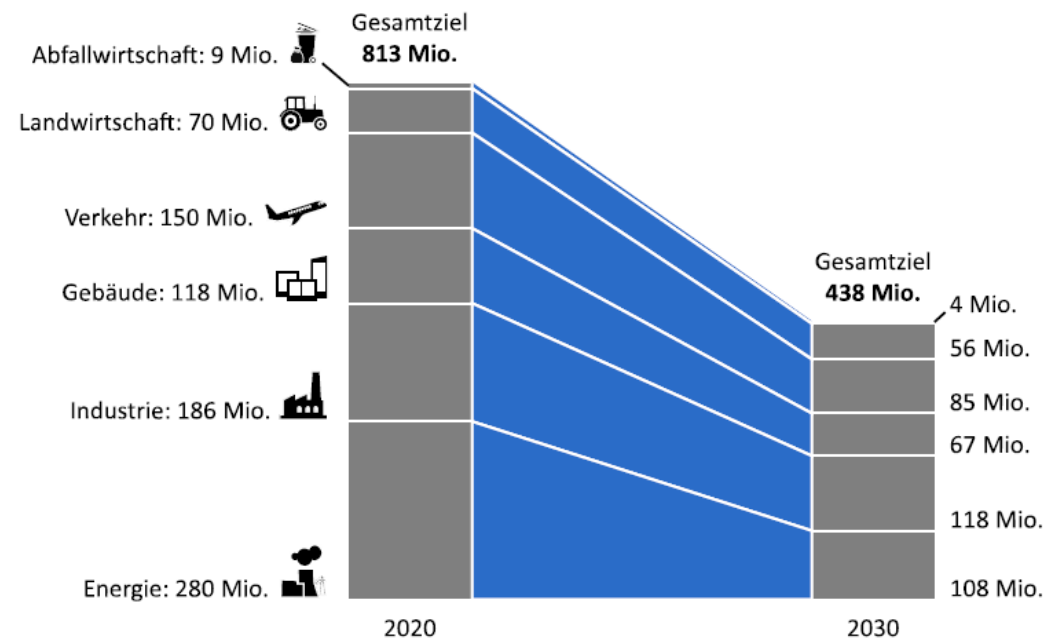
Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Die Sektoralziele des Klimaschutzgesetzes 2021

Alle Sektoren müssen erhebliche Minderungen erbringen

Das Klimaschutzgesetz legt für alle Sektoren Minderungsziele bis zum Jahr 2030 fest.

Diese müssen zwingend eingehalten werden.



Reduktionsziele bis 2030:
Energiewirtschaft: 172 Mio.t
Industrie: 68 Mio. t
Gebäude: 51 Mio. t
Verkehr: 65 Mio. t
Landwirtschaft: 14 Mio. t

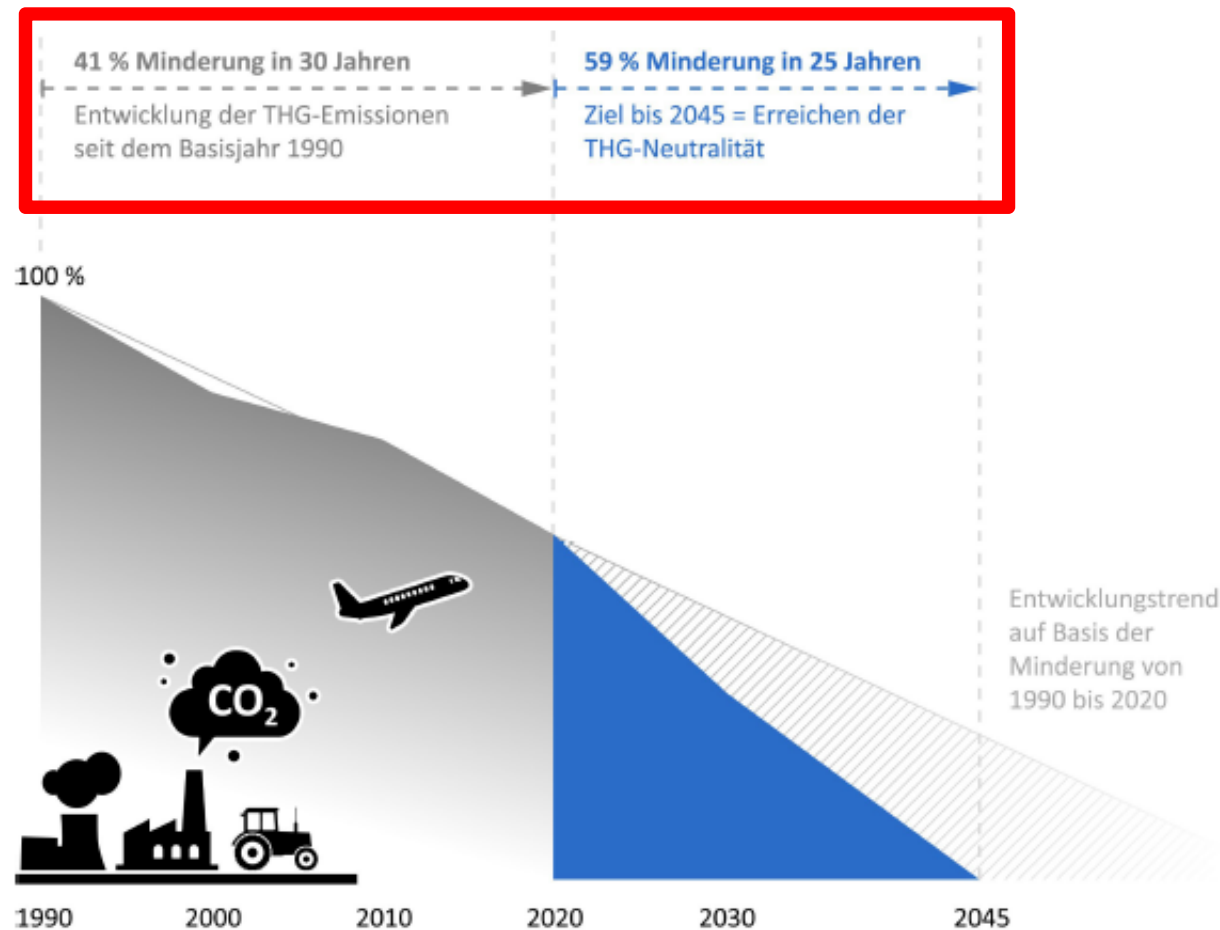
Erläuterung: Angaben in Tonnen CO₂-Äquivalente (t CO₂e)⁹.

Mehr Tempo ist notwendig

Abbildung 1

Deutlich mehr Tempo beim Klimaschutz erforderlich

Seit dem Jahr 1990 sind die Treibhausgas-Emissionen in Deutschland um 41 % gesunken.
Die restlichen 59 % müssen bis zum Jahr 2045 erreicht werden.



Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Unterlassener Klimaschutz wird teuer!

Gesamtkosten für den Bundeshaushalt zur Kompensation des Defizits
an Nicht-ETS-Emissionsrechten

Tabelle Z1

	2013– 2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021–2030
Erwartete Klima- schutzlücke (Mio. t CO ₂ Äq)	-93	-12	-23	-34	-45	-56	-67	-78	-89	-101	-112	-616
Kosten für den Bundeshaushalt (Mrd. EUR)	0–2	0,6–1,2	1,1–2,3	1,7–3,4	2,2–4,5	2,8–5,6	3,3–6,7	3,9–7,8	4,5–8,9	5–10,1	5,6–11,2	31–62

Eigene Berechnung; undiskontiert

Verfehlte Klimaziele belasten erstmals direkt den Bundeshaushalt. Die Bundesregierung rechnet damit, für das Überschreiten der EU-Klimaschutzvorgaben Hunderte Millionen Euro an andere EU-Mitgliedsländer zahlen zu müssen. Dies geht aus dem **Kabinettsentwurf des Finanzplans 2019 bis 2023** hervor, der am Mittwoch von der Bundesregierung verabschiedet werden soll und dem Tagesspiegel-Background Energie&Klima vorliegt – mit Entwurfsdatum 18. März.

Konkret sind für die Jahre 2020 bis 2022 jeweils Ausgaben von 100 Millionen Euro vorgesehen, insgesamt also 300 Millionen Euro. Finanziert werden die Ausgaben nach Background-Informationen durch eine sogenannte Globale Minderausgabe. Das heißt: Alle Ressorts müssen sich nach einem festgelegten Verteilungssatz daran beteiligen.

DER TAGESSPIEGEL

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Kurzfazit

- Grundlage der globalen Klimaschutzpolitik ist das Pariser Klimaabkommen von 2015.
- Auf dieser Grundlage sieht sich die EU als globaler Vorreiter und gibt den Mitgliedstaaten ehrgeizige Klimaschutzziele vor.
- In Deutschland hat das Bundesverfassungsgericht den Druck auf die Politik erhöht.
- Das Herzstück der deutschen Klimaschutzpolitik ist die Sektormatrix des Klimaschutzgesetzes 2021.
- Die Freiheitsgrade in der Klimaschutzpolitik sind gegenüber den strikten EU-Vorgaben sehr gering.
- Die Verfehlung bundesdeutscher Klimaziele interessiert mittlerweile auch den Finanzminister.

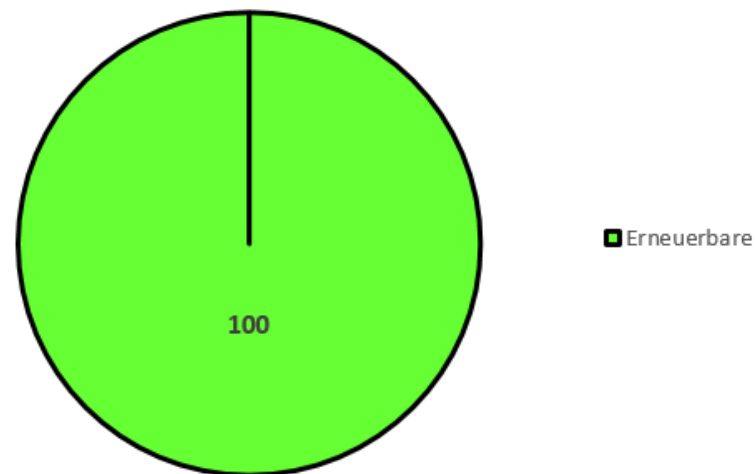
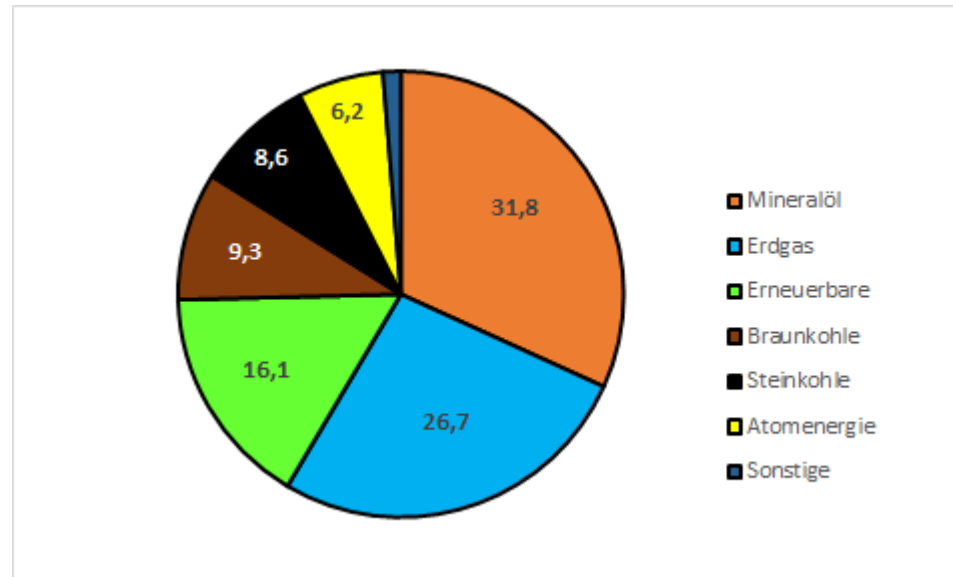
Exkurs: Klimaneutralität

Quelle:

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Das intuitive Verständnis von Klimaneutralität

Primärenergieverbrauch 2021 (Anteile in %)

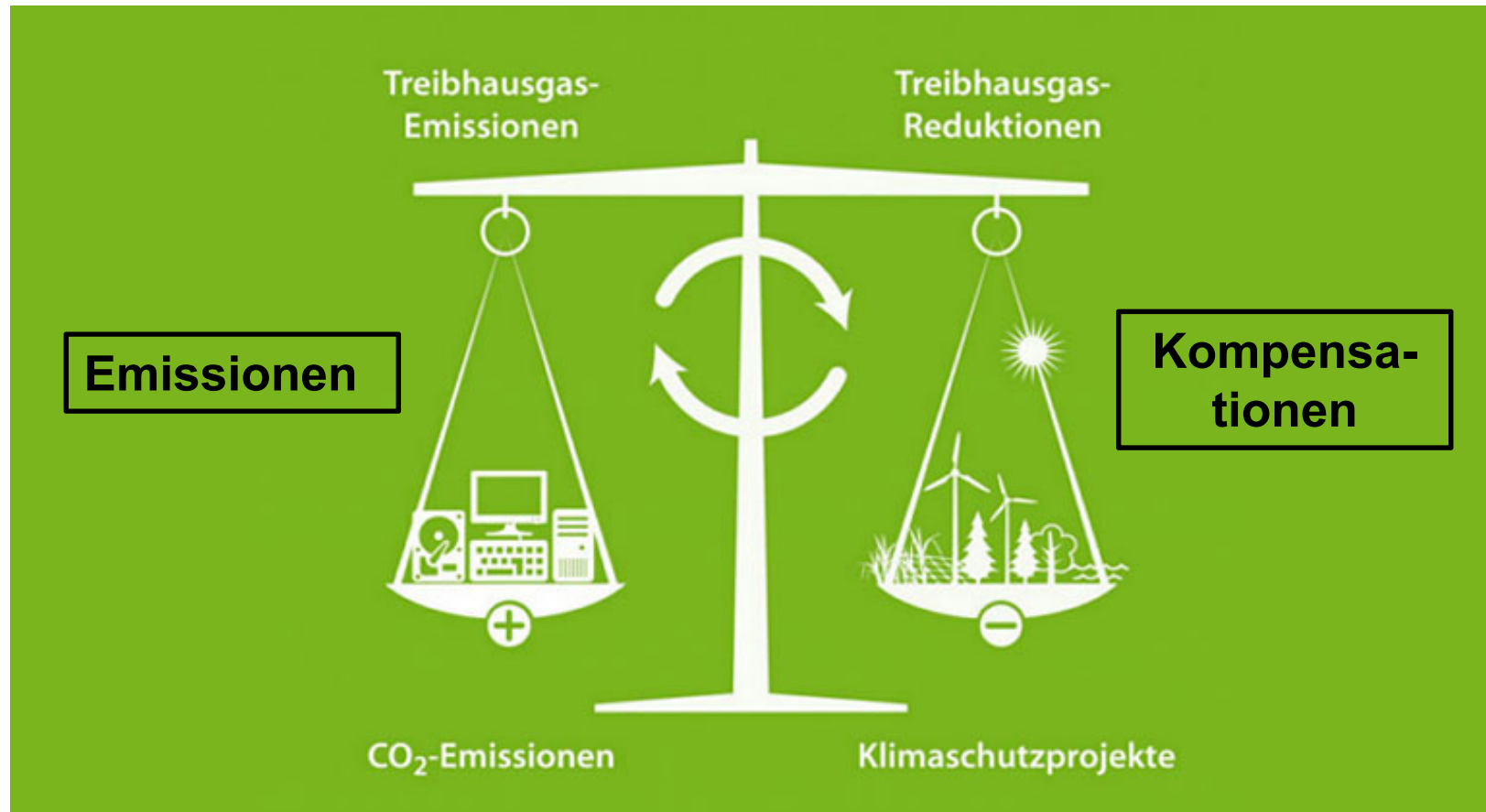


Quelle:

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Der Joker: Kompensationen

Quelle: <https://www.sonnenseite.com/de/politik/klimaneutral-und-co2-frei-ist-ein-unterschied/>



Kompensationen: Klimaneutral zum Schnäppchenpreis

	2019			2020			
	Volume (MtCO2e)	Price per ton (USD)	Value (USD)	Volume (MtCO2e)	Volume % Change from Prior Year	Price per ton (USD)	Value (USD)
FORESTRY AND LAND USE	36.7	\$4.33	\$159.1M	48.1	30.9%	\$5.60	\$269.4M
RENEWABLE ENERGY	42.4	\$1.42	\$60.1M	80.3	89.4%	\$0.87	\$70.1M
ENERGY EFFICIENCY/ FUEL SWITCHING	3.1	\$3.87	\$11.9M	31.4	921.0%	\$1.03	\$32.3M
AGRICULTURE	-	-	-	0.3	-	\$9.23	\$2.8M
WASTE DISPOSAL	7.3	\$2.45	\$18.0M	8.3	13.0%	\$2.76	\$22.9M
TRANSPORTATION	0.4	\$1.70	\$0.7M	1.1	165.2%	\$0.64	\$0.7M
HOUSEHOLD DEVICES	6.4	\$3.84	\$24.8M	3.5	-45.4%	\$4.95	\$17.3M
CHEMICAL PROCESSES/ INDUSTRIAL MANUFACTURING	4.1	\$1.90	\$7.7M	1.3	-68.7%	\$1.90	\$2.5M

Table 4. Voluntary Carbon Market Size by Project Category,
Source: Ecosystem

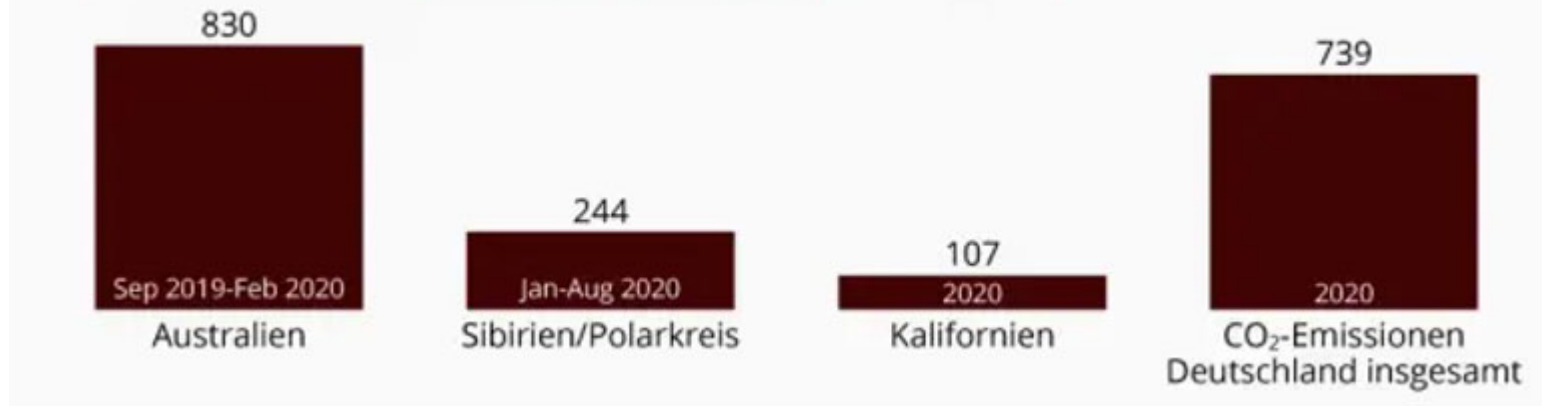
Kompensation durch Aufforstung?

- Maximale Fläche: 0,9 Mrd. ha → viele Milliarden Bäume → 11 Mrd. t pro Jahr CO₂-Bindung
- IPCC: bis Ende des Jahrhundert ca. 60 Mrd. t = weniger als 1 Mrd. t/a
- Selbst bei 11 Mrd. t pro Jahr würde sich die globalen CO₂-Emissionen nur um 20% verringern, also die Konzentration würde weiter steigen
- Aber:
 - Für die wachsende Weltbevölkerung wird mehr Land benötigt
 - Zunehmende Waldbrände setzen CO₂ frei, anstatt es zu binden
 - Durch Erderhitzung sinkt die Fähigkeit der Wälder, CO₂ zu binden

Waldbrände in 2020

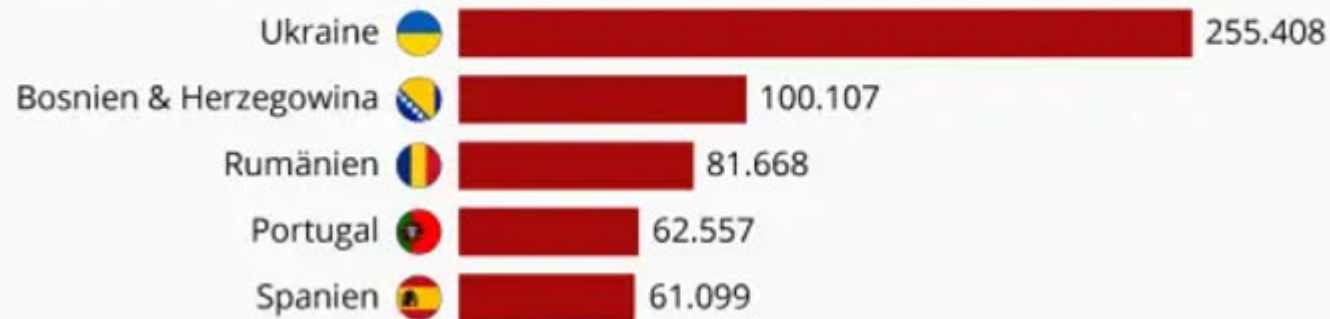
Quelle: <https://www.heise.de/hintergrund/Statistik-der-Woche-Wie-Braende-immer-mehr-Wald-zerstoeren-6158057.html>

CO₂-Emissionen von ausgewählten Waldbränden (in Mio. Tonnen)



Fast 900.000 Hektar wurden in Europa 2020 durch Waldbrände zerstört

Besonders betroffen waren



Kurzfazit

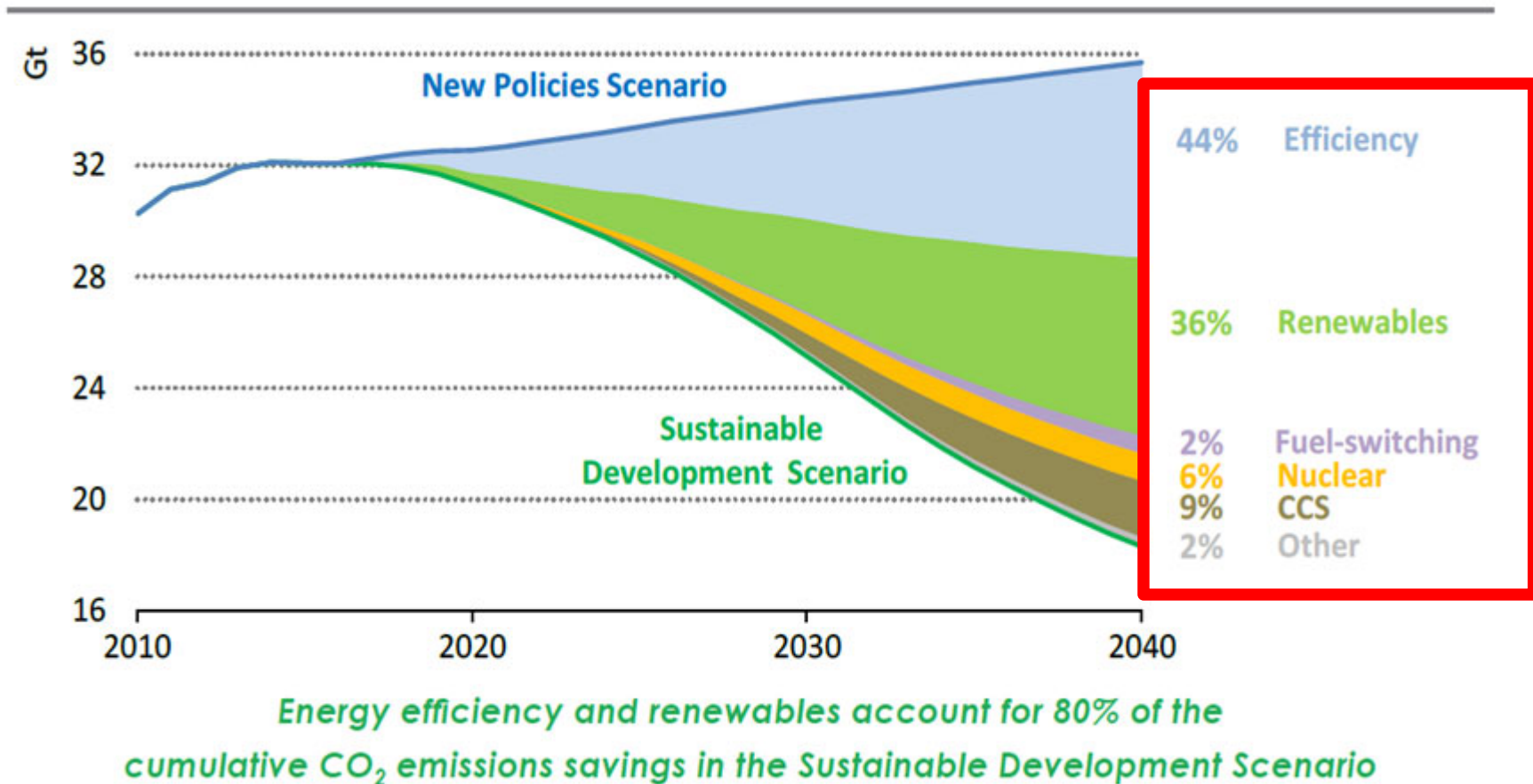
- Klimaneutralität ist als Konzept zunächst wenig aussagekräftig, wenn es nicht präzisiert wird
- Sobald Kompensationen ins Spiel kommen, rückt Klimaneutralität in die Nähe eines kostengünstigen Ablasshandels, der nur noch wenig mit tatsächlichem Klimaschutz zu tun hat
- Unternehmen sollten einen umfassenden und ehrlichen CO₂-Fußabdruck ermitteln und diesen versuchen zu minimieren

3. Das zukünftige Energiesystem

Quelle:

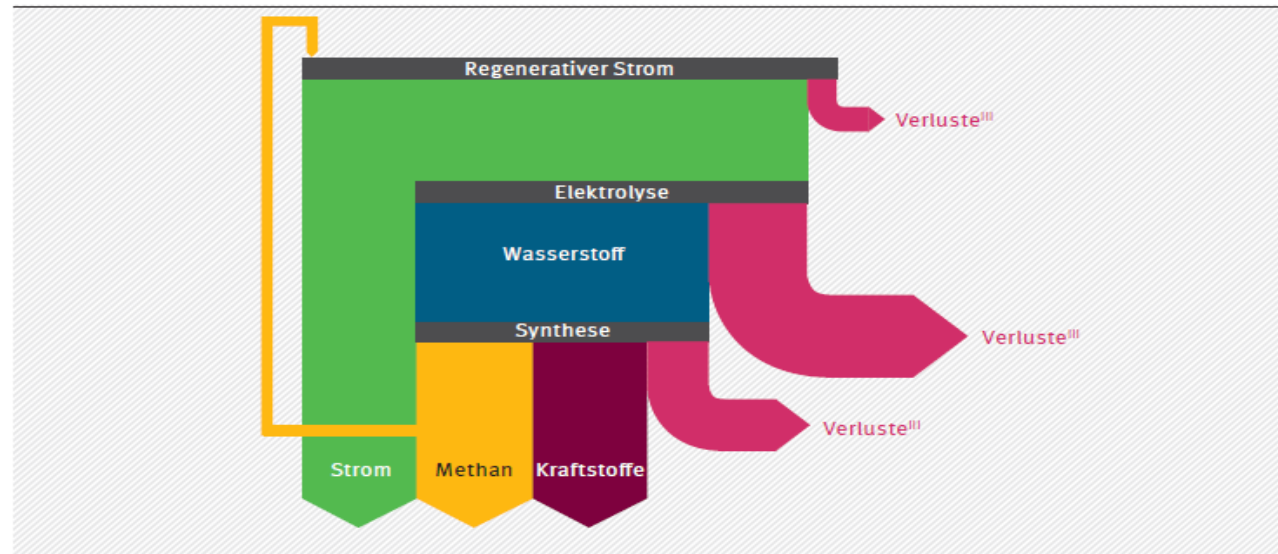
Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Der Kompass: World Energy Outlook der IEA



Das visionäre Szenario: Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland“

Qualitative Darstellung des Energieflusses im UBA THGN D 2050 Szenario^{I,II}



I Inklusive des Bedarfs an regenerativen Einsatzstoffen für die chemische Industrie.
II Die Darstellungen der Energieströme sind proportional zu den notwendigen Energieströmen.
III einschließlich Leitungsverluste, der Verluste aus der Methan-Rückverstromung und der Verluste der Biomassennutzung und Strombereitstellung)

Quelle: Umweltbundesamt, 2013



**Basis: rund 3.000 TWh
Nettostromerzeugung**

Tabelle B-14: Gesamter Endenergieverbrauch im UBA THGND 2050 – Szenario

	Strom in TWh	regeneratives Methan in TWh	flüssige regenerative Kraftstoffe in TWh
private Haushalte	104,7	44,5	0
GHD	90,3	62,4	18,6
Industrie ^{LXXXIX, XC}	179,7	198,8	0
Verkehr	91,1	0	533,3
Summe energetisch	465,8	305,7	551,9
		1323,4	
Industrie stofflich		282	
Summe energetisch und stofflich		1605,4	

Die Wirtschaft denkt voraus

Quelle: BDI 2021



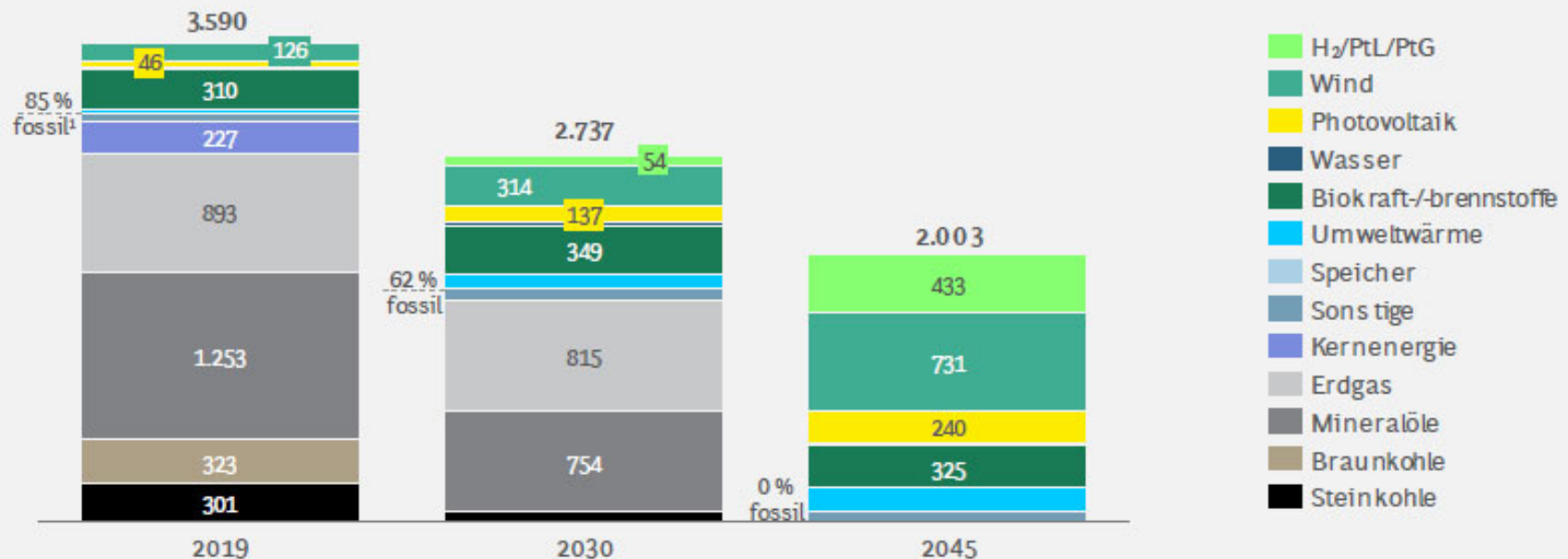
Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Die Wirtschaft denkt voraus

Vollständiger Verzicht auf fossile Brennstoffe bis 2045 nötig

Primärenergieverbrauch Deutschlands über alle Sektoren im Zielpfad 2019 – 2045

TWh



1. Fossil inkl. nuklear

Anmerkung: Inkl. Kraftstoffen für internationale Verkehre; inkl. stofflichen/nicht energetischen Verbrauchs von Energieträgern; exkl. Ein-/Ausfuhr von Strom und Fernwärme

Quelle: AGEF (2021c); BCG-Analyse

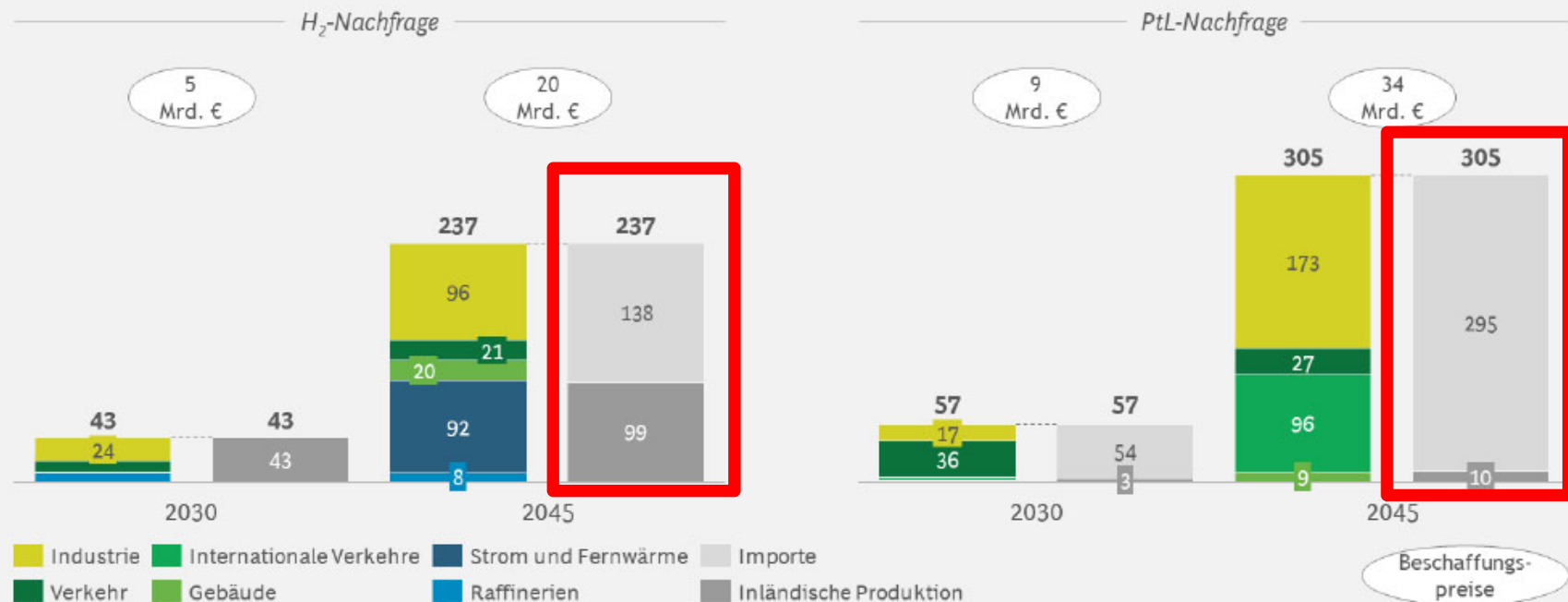
Leprih, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Wasserstoff: ohne Importe wird es nicht gehen!

Industrie, Verkehr und Energiewirtschaft treiben H₂-/PtL-Nachfrage

Wasserstoff- und PtL-Nachfrage nach Sektoren und Anwendungen 2030 – 2045

TWh

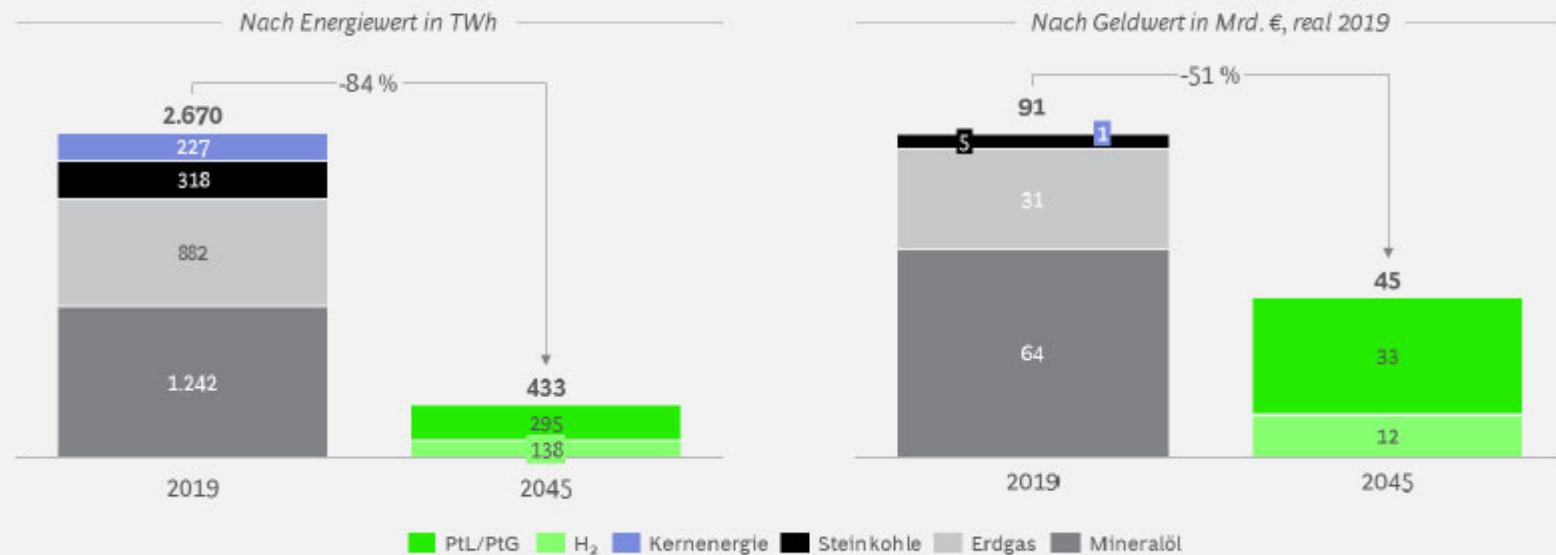


Anmerkung: H₂ = Wasserstoff aus der Elektrolyse von erneuerbaren Energien (übergangsweise - vor 2040 - auch Bezug von blauem Wasserstoff denkbar); PtL = erneuerbare synthetische Brenn- und Kraftstoffe aus grünem Wasserstoff (v. a. Syncrude, Methanol); internationale Verkehre = von Deutschland abgehender See- und Luftverkehr; im Jahr 2019 betrug der Wert fossiler Energieträgerimporte 91 Mrd. € | Quelle: BCG-Analyse

Die Importabhängigkeit nimmt ab!

2045 importiert Deutschland H₂/PtL/PtG im Wert von 45 Mrd. Euro

Netto-Energieträgerimporte nach Deutschland 2019 – 2045



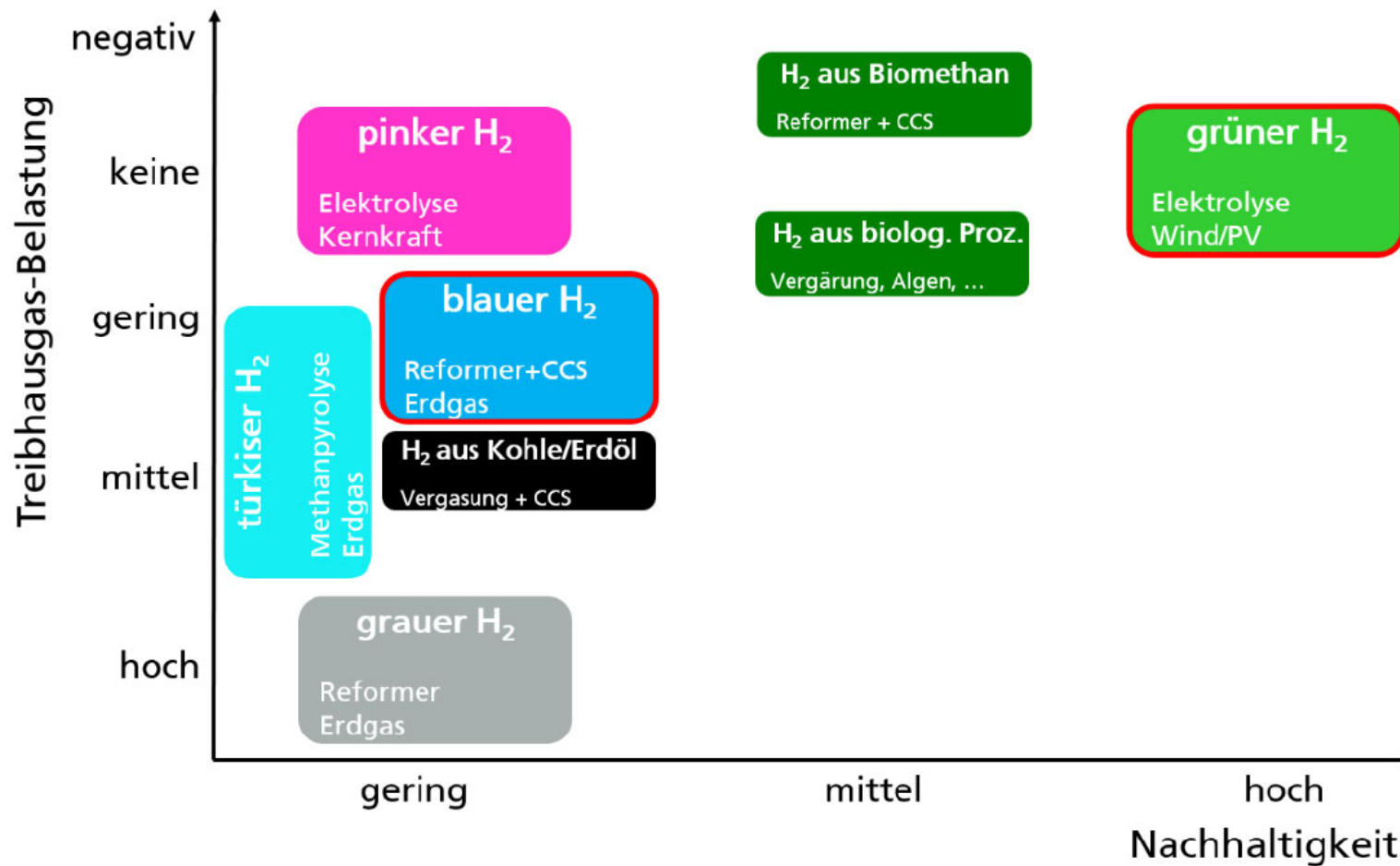
Anmerkung: Inkl. PtX-Mengen für internationale Verkehre (von Deutschland ausgehend) und stoffliche Dekarbonisierung für Naphtha und Bitumen; 99 TWh inländische H₂-Produktion in 2045 im Wert von ca. 8 Mrd. € (Beschaffungspreis); Geldwert 2019 nach Destatis Außenhandelsstatistik, insb. Mineralöl roh und bearbeitet; Geldwert 2045 nach Beschaffungspreisen für H₂/PtL/PtG
Quelle: BMWi (2021b); Destatis (2021a); BCG-Analyse

Kurzfazit

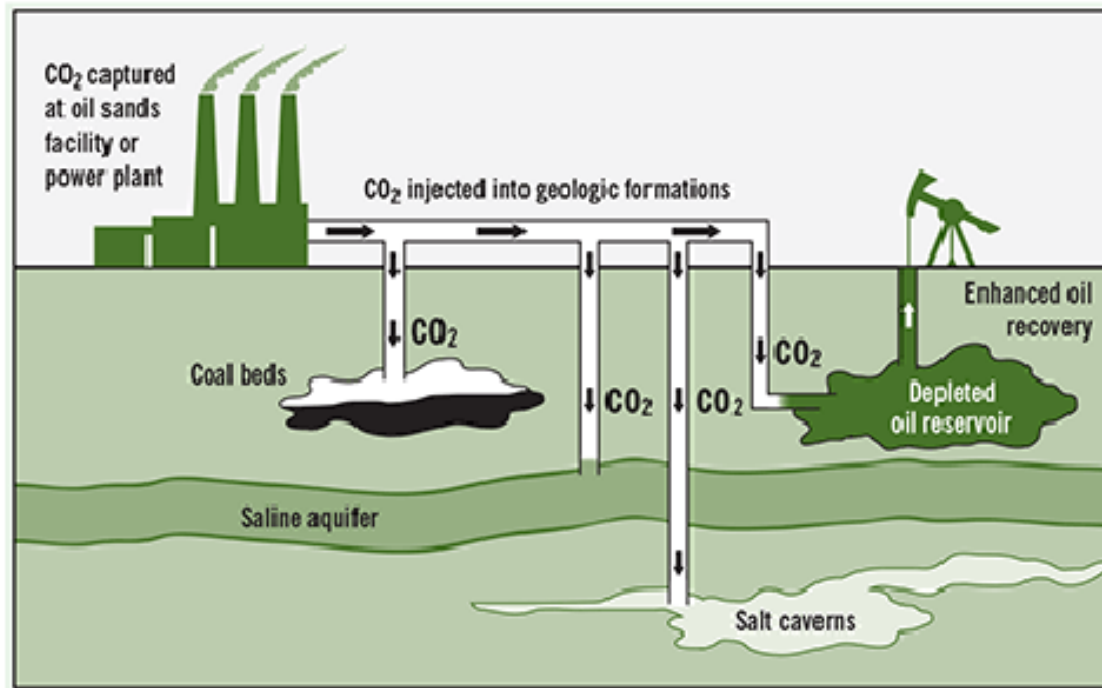
- Der Ausbau erneuerbarer Energien und Energieeffizienz sind die Schlüsseloptionen für klimaverträgliche Energiesysteme.
- Atomenergie und Biomasse (nachwachsende Rohstoffe) sind absehbar keine Wachstumsstories.
- Strom insbesondere aus Wind- und Solaranlagen ist die Grundlage für das gesamte Spektrum der benötigten Energieträger.
- Wasserstoff ist Grundpfeiler für alle energetischen Anwendungen, bei denen Strom nicht direkt nutzbar ist.
- Ein Großteil des Wasserstoffs (plus synthetische Kraftstoffe) wird importiert werden müssen; gleichwohl nimm die Importabhängigkeit insgesamt ab.

4. Spannungsfelder und Ausblick

Spannungsfeld Wasserstoff: welcher und woher?



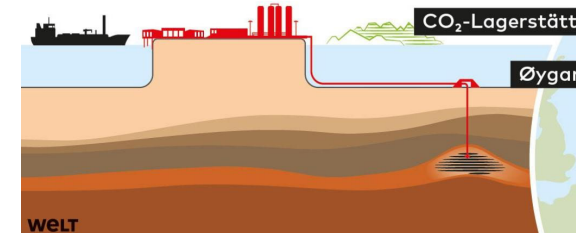
Spannungsfeld CCS: Wo und in welchen Mengen?



BECCS
DACCS

Norwegen pumpt CO₂ in den Meeresboden

An der Küste von Øygarden wird ein CO₂-Zwischenlager geb. Von dort führt eine 100 Kilometer lange Pipeline hinaus zu einer Pumpstation in die Nordsee. Hier wird das CO₂ in eine 2600 Meter tiefe Gesteinsschicht gepresst.



Carbon Capture & Storage (CCS)

26. SEPTEMBER 2019 – SEPTEMBER-PLENUM

CCS-Verbot bekräftigt und ausgeweitet

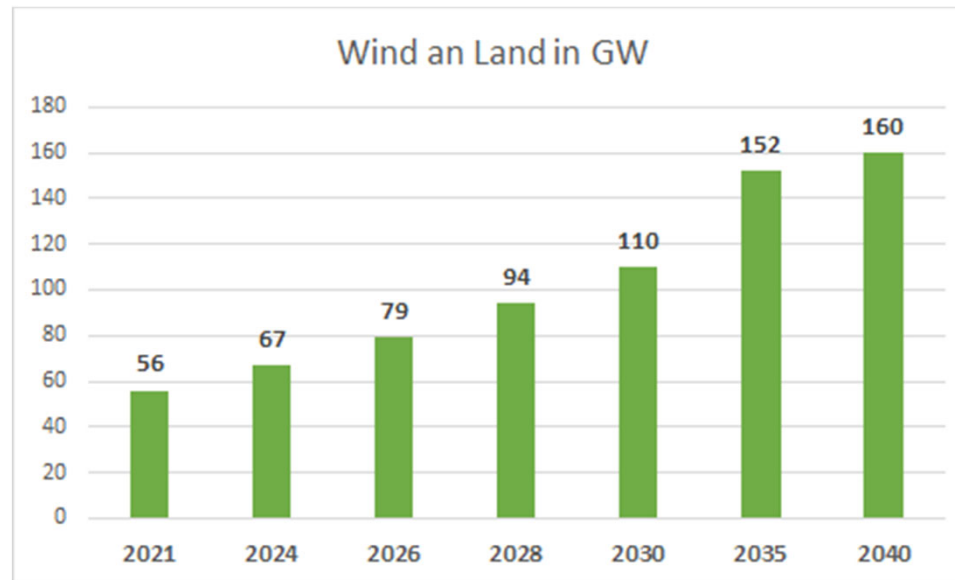
Der Landtag bekräftigt seinen Beschluss aus dem Jahr 2014 und lehnt eine unterirdische Lagerung von Kohlendioxid klar ab – auch „in deutschen Küstengewässern in der AWZ“.



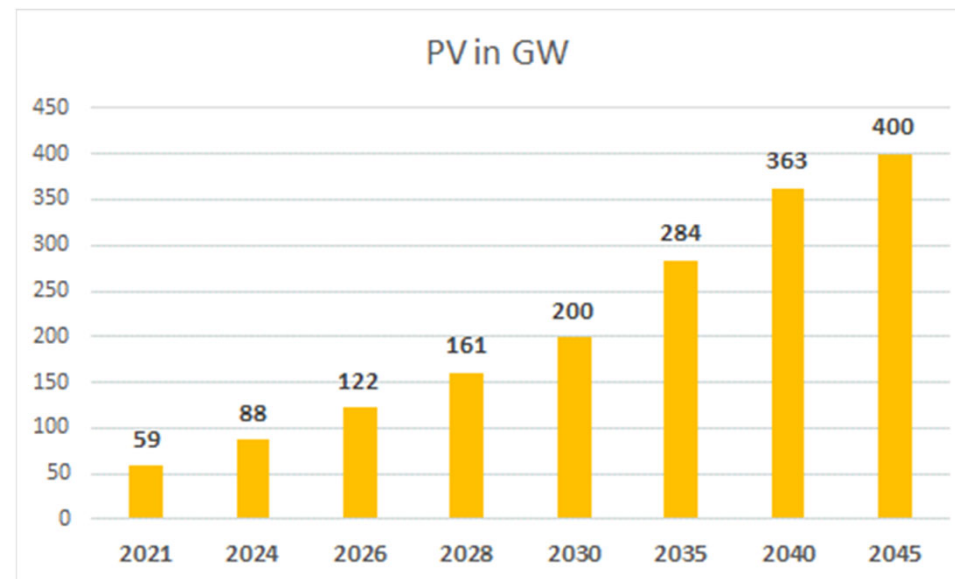
SCHLESWIG-
HOLSTEINISCHER
LANDTAG

Spannungsfeld EE-Ausbau in Deutschland: realistisch?

Quelle:



~ Verdopplung
bis 2030

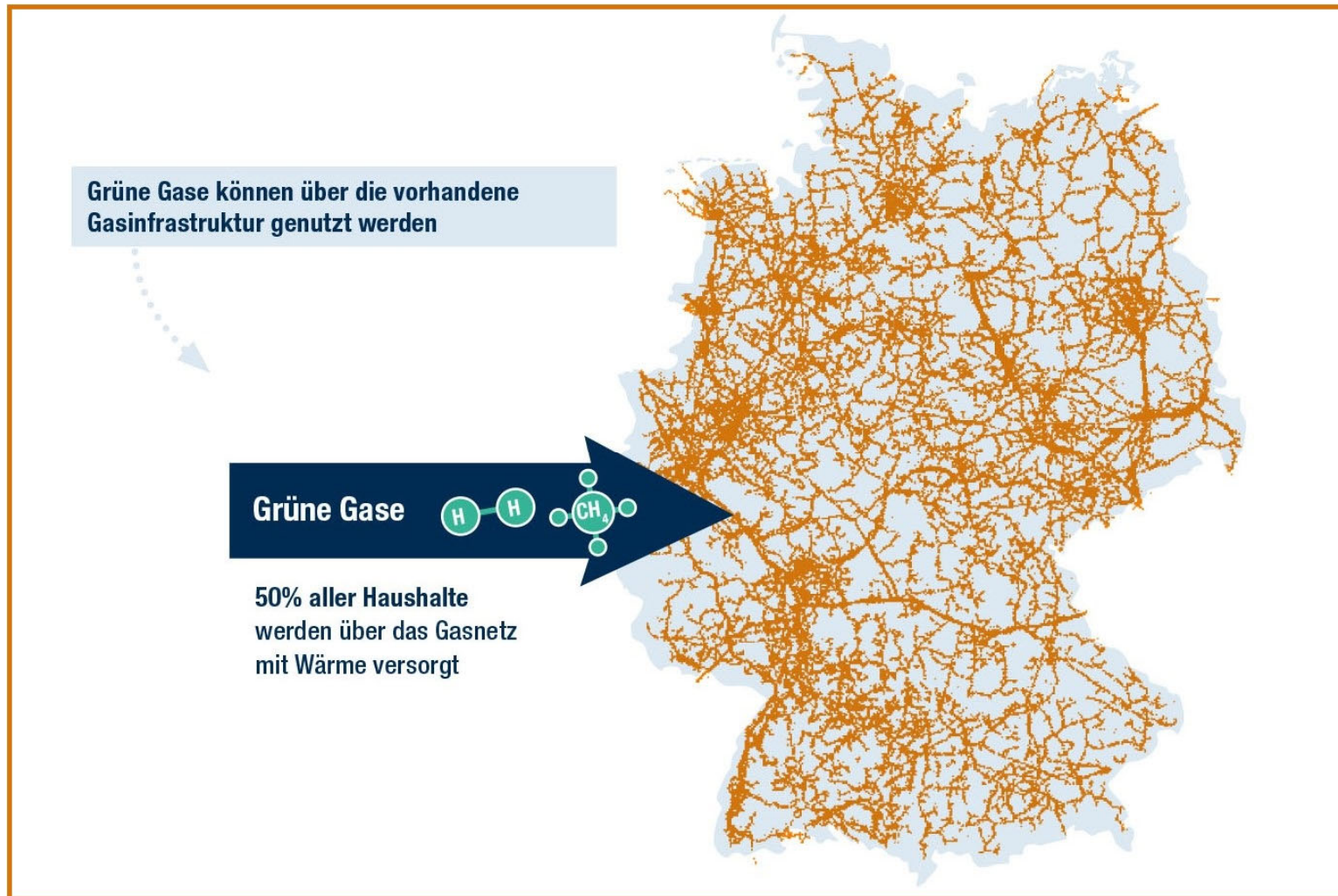


>Verdreifachung
bis 2030

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022

Spannungsfeld Erdgasnetze: Erhalt oder Rückbau?

Quelle: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/energetraeger-erstmal-20-wasserstoff-im-deutschen-erdgasnetz>



Ausblick

- Klimaneutralität ist das Leitbild für die Ausgestaltung des zukünftigen Energiesystems.
- Das bedeutet letztlich die Beendigung der Verbrennung fossiler Energieträger.
- Wo dies auf der ambitionierten Zeitachse nicht möglich ist, bieten Kompensationsprogramme und CCS umstrittene Alternativen.
- Die Importabhängigkeit von Kohle, Öl und Gas wird ersetzt durch Importabhängigkeit von Wasserstoff; allerdings ist diese deutlich geringer für das Energiesystem.
- Die Weichen für das zukünftige Energiesystem in Deutschland werden bereits auf allen Ebenen gestellt.

Herzlichen Dank für Ihre/Eure Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Uwe Leprich
Mobil: 0173-6660910
Mail: uwe.leprich@posteo.de

Leprich, Saarbrücken, 13. Juni 2022