



Deutschland klimaneutral

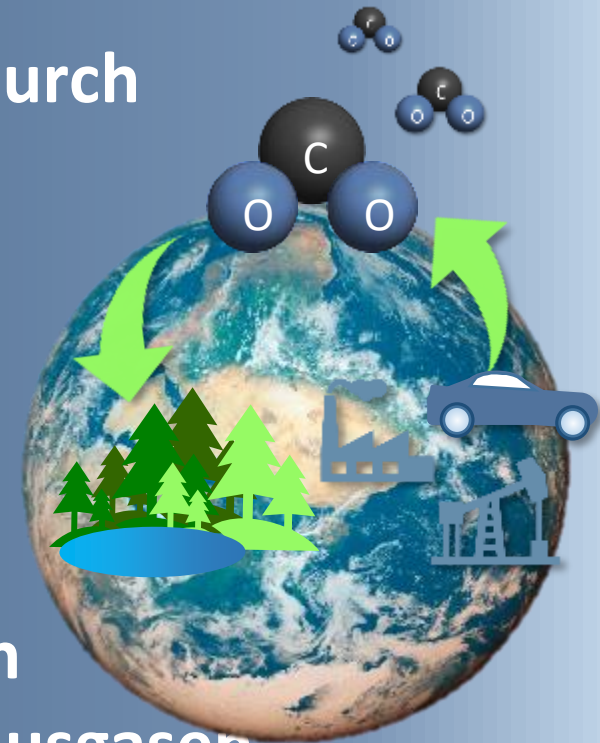
Wie kann das gelingen

Prof. Dr.-Ing. Steyer

17. September 2024

Klimaneutralität

Klimaneutralität bedeutet, dass durch menschliche Aktivität in Summe das Klima nicht beeinflusst wird.



Treibhausgasneutralität

Als treibhausgasneutral werden Aktivitäten bezeichnet, die keinen Konzentrationsanstieg an Treibhausgasen in der Atmosphäre zur Folge haben.

→ Netto-Null-Emissionen

- **Treibhausgasbilanz**
- Emissionsquellen und Maßnahmen
- Zusammenfassung

Klimaneutralität

Emissionen und Senken bis zur Industrialisierung



- Biosphäre
- Gewässer
- Böden

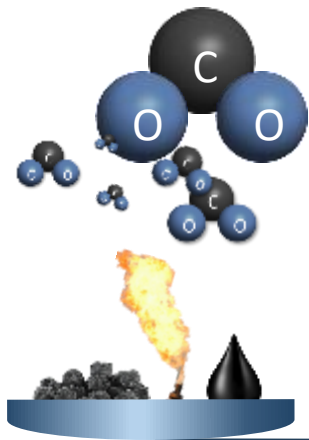


Emissionsquellen

Senken

Klimaneutralität

Emissionen und Senken mit der Industrialisierung bis heute



- Kohle
- Erdöl
- Erdgas



- Biosphäre
- Gewässer
- Böden

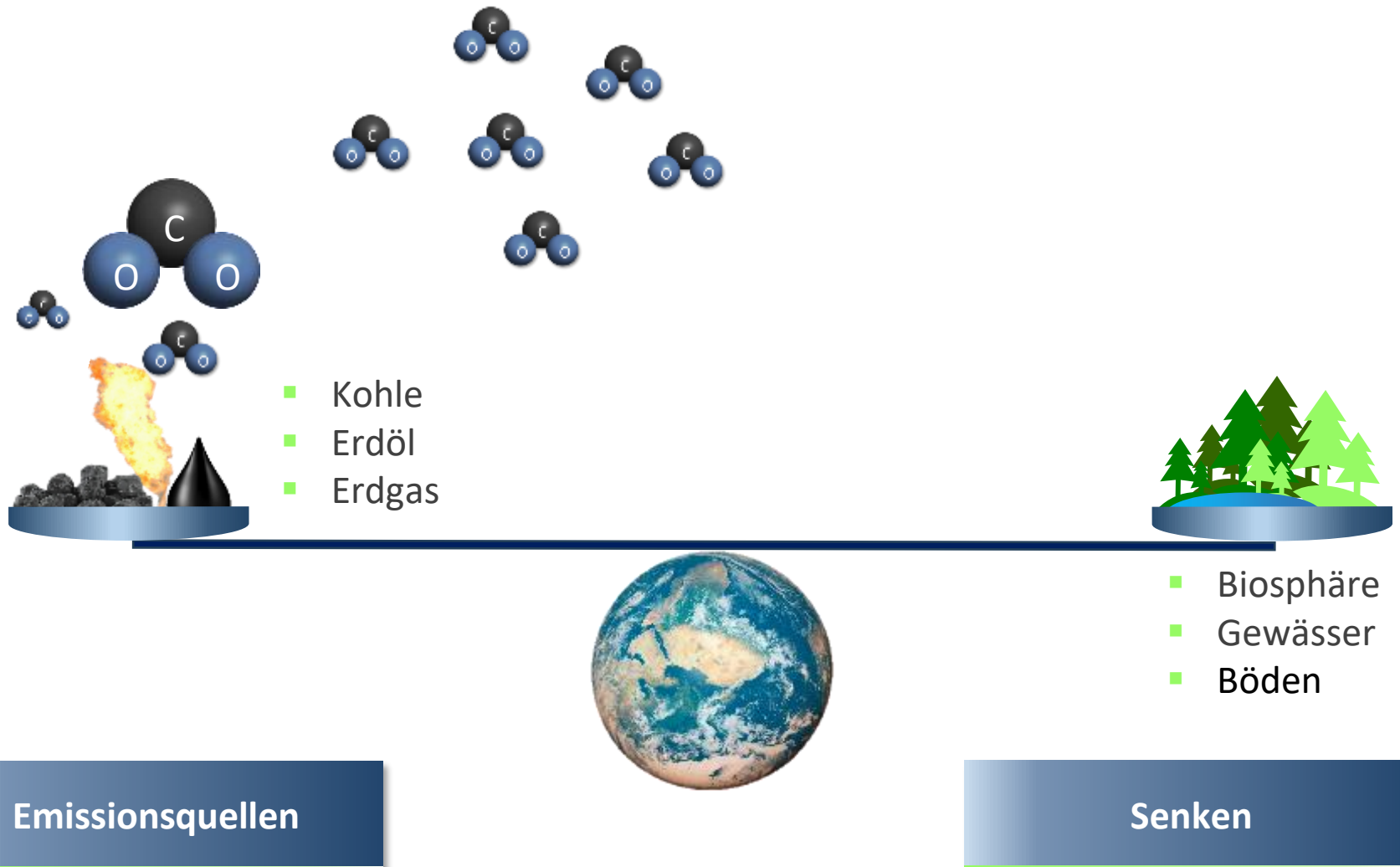


Emissionsquellen

Senken

Klimaneutralität

Emissionen und Senken mit der Industrialisierung bis heute



Emissionsquellen

Senken

Klimaneutralität

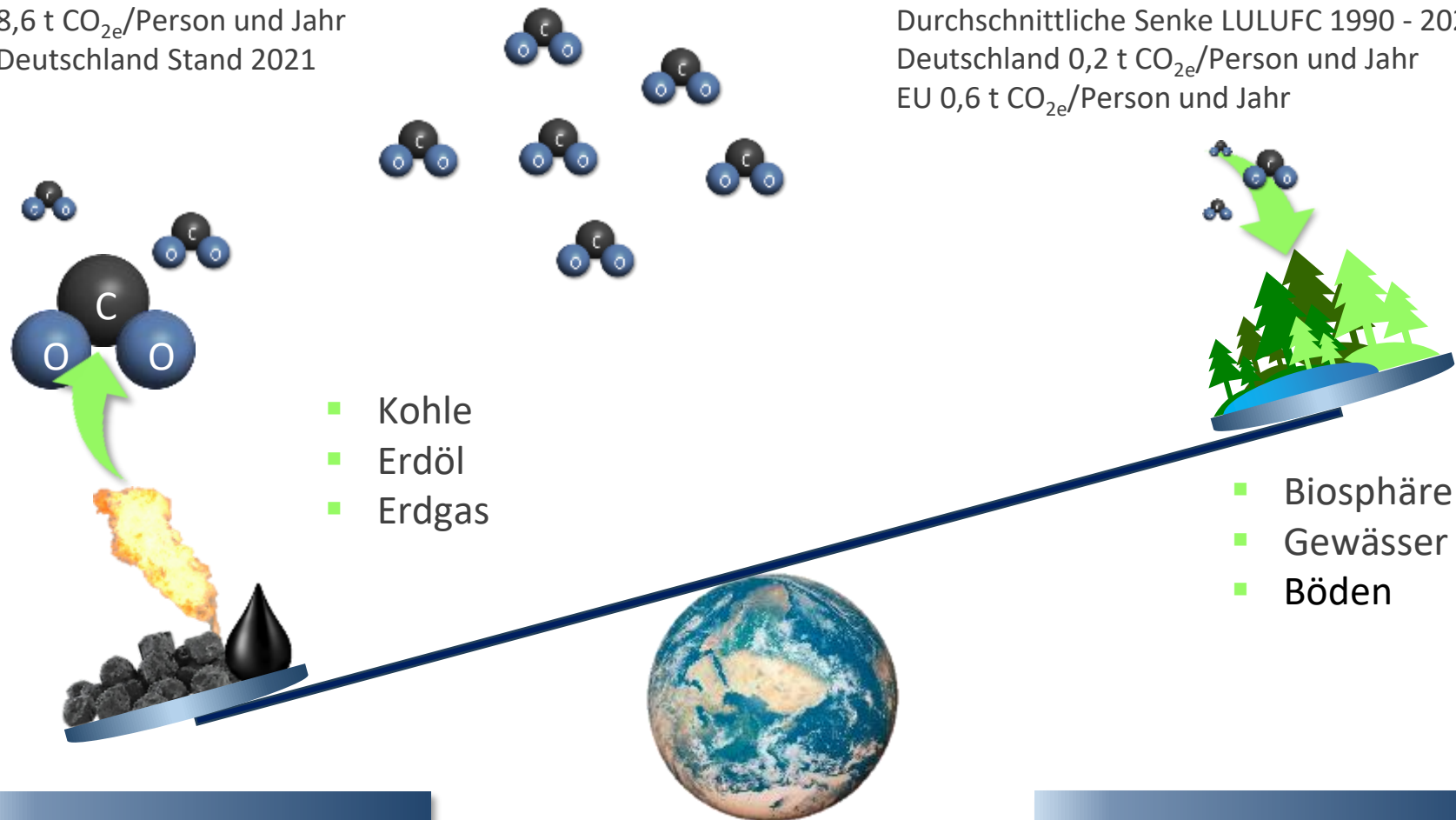
Emissionen und Senken mit der Industrialisierung bis heute

8,6 t CO_{2e}/Person und Jahr

8,6 t CO_{2e}/Person und Jahr
Deutschland Stand 2021

< 1 t CO_{2e}/Person und Jahr

Durchschnittliche Senke LULUFC 1990 - 2020
Deutschland 0,2 t CO_{2e}/Person und Jahr
EU 0,6 t CO_{2e}/Person und Jahr



Emissionsquellen

Senken

Klimaneutralität

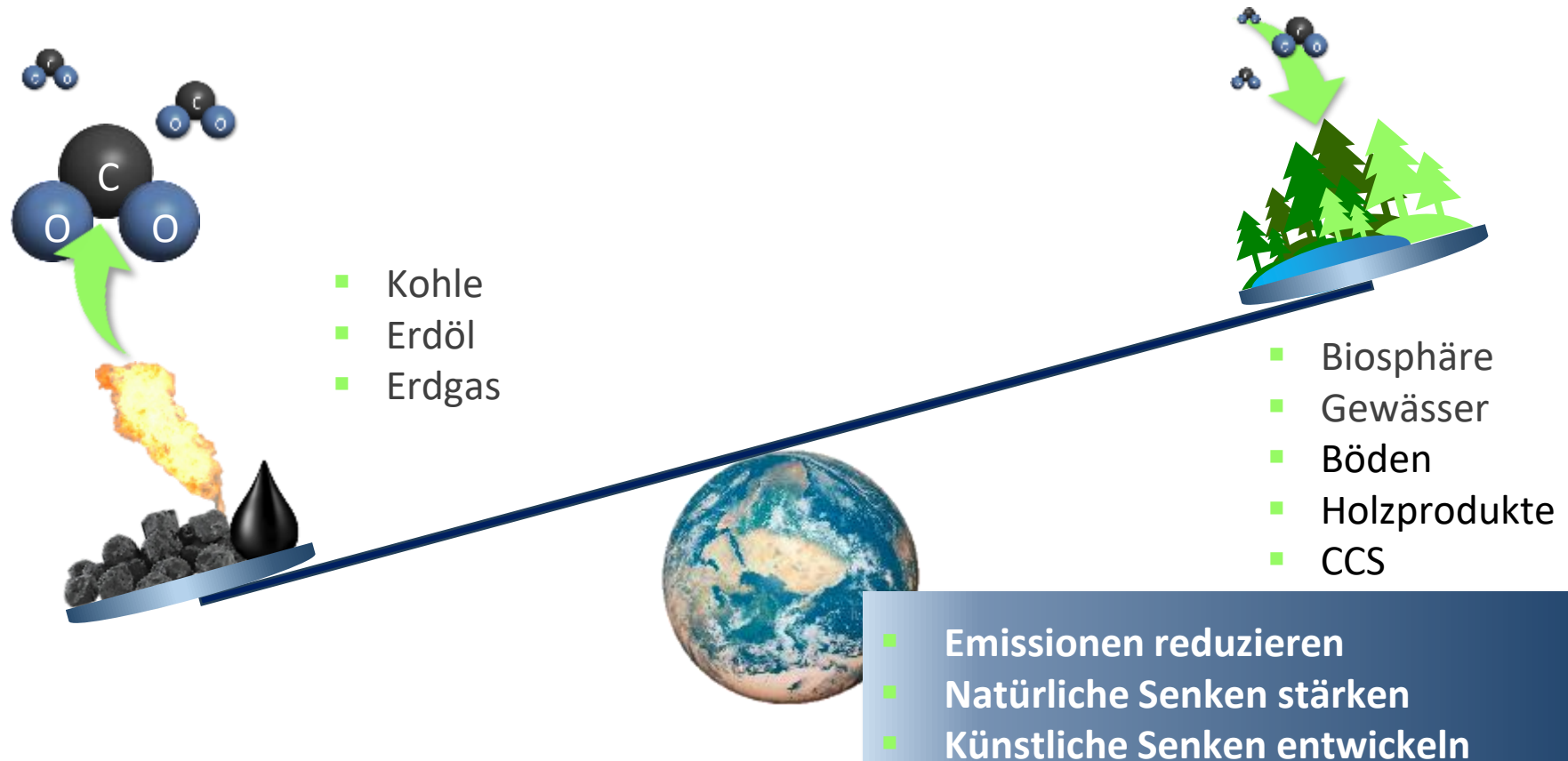
Emissionen und Senken mit der Industrialisierung bis heute

8,6 t CO_{2e}/Person und Jahr

8,6 t CO_{2e}/Person und Jahr
Deutschland Stand 2021

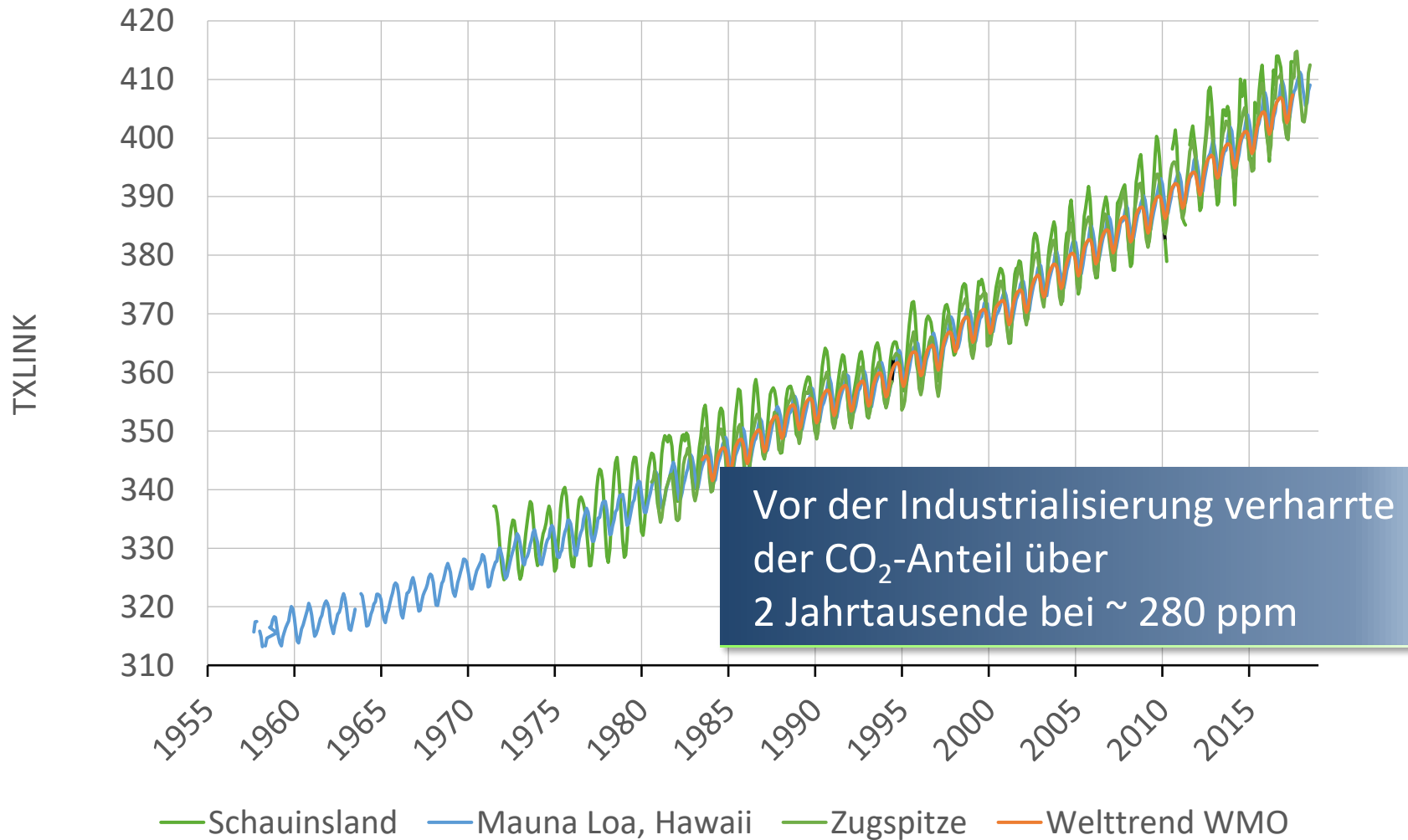
< 1 t CO_{2e}/Person und Jahr

Durchschnittliche Senke LULUFC 1990 - 2020
Deutschland 0,2 t CO_{2e}/Person und Jahr
EU 0,6 t CO_{2e}/Person und Jahr



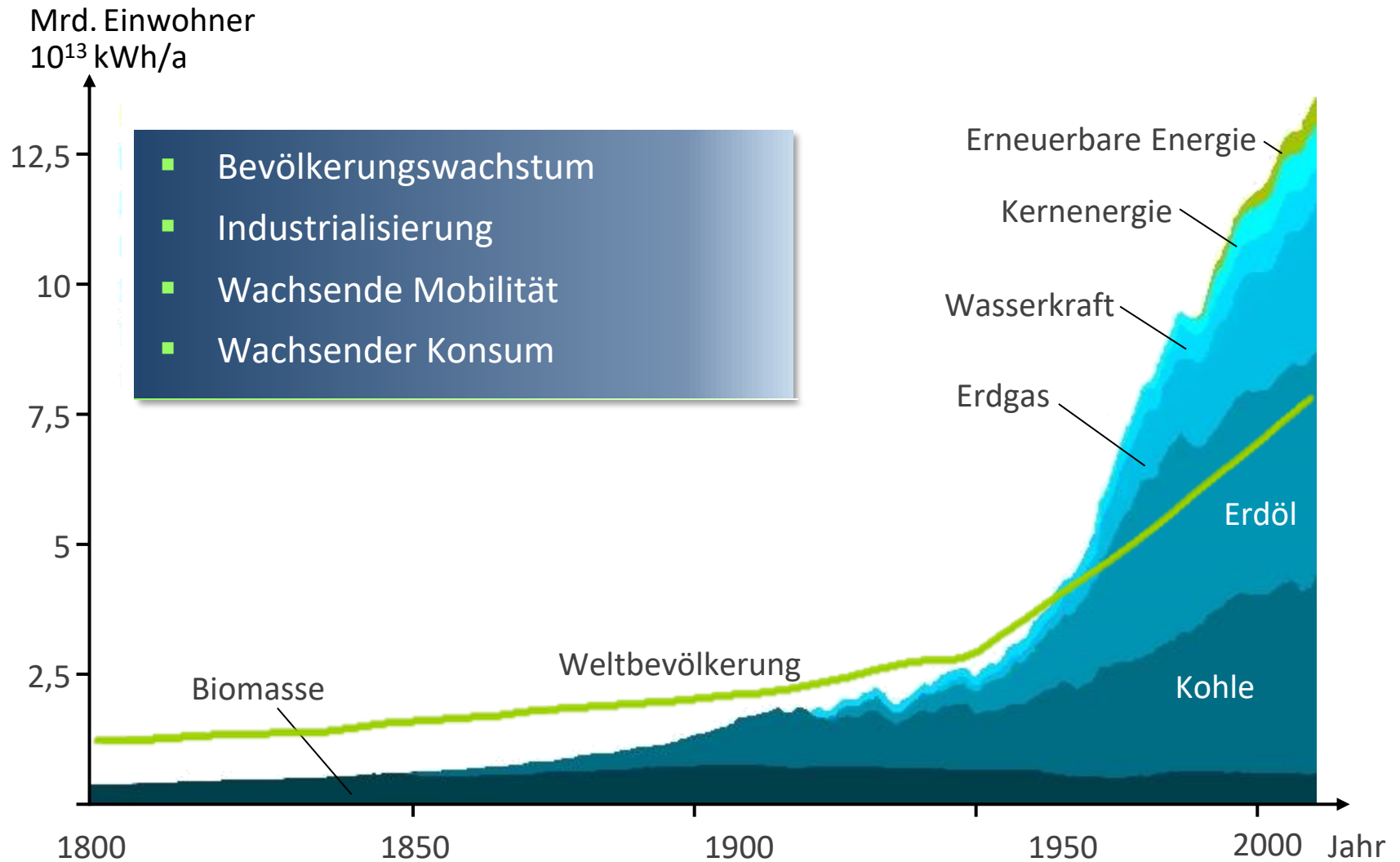
CO₂ Emissionen

Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittel)



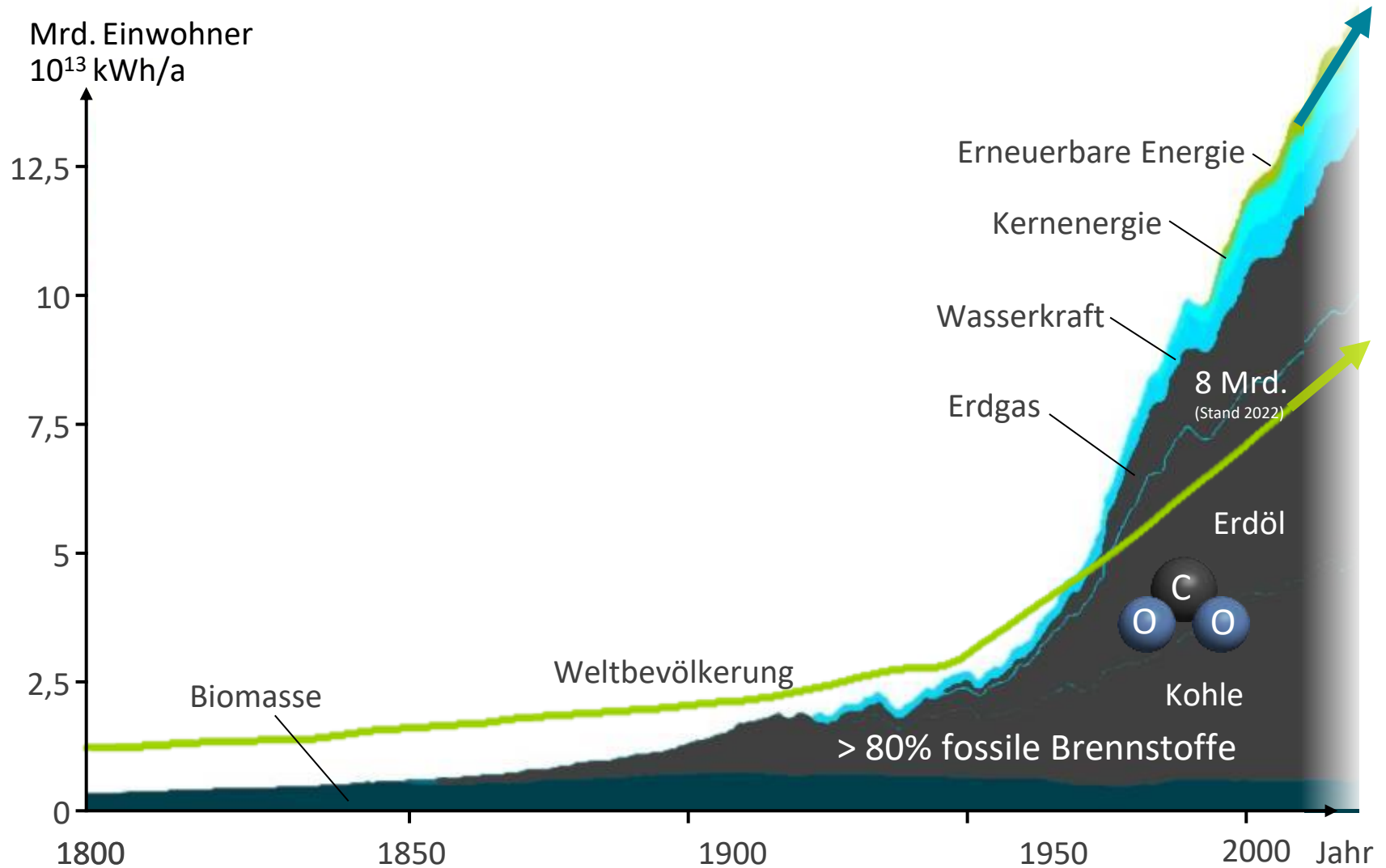
CO₂ Emissionen

Entwicklung des Weltenergieverbrauchs



CO₂ Emissionen

Entwicklung des Weltenergieverbrauchs



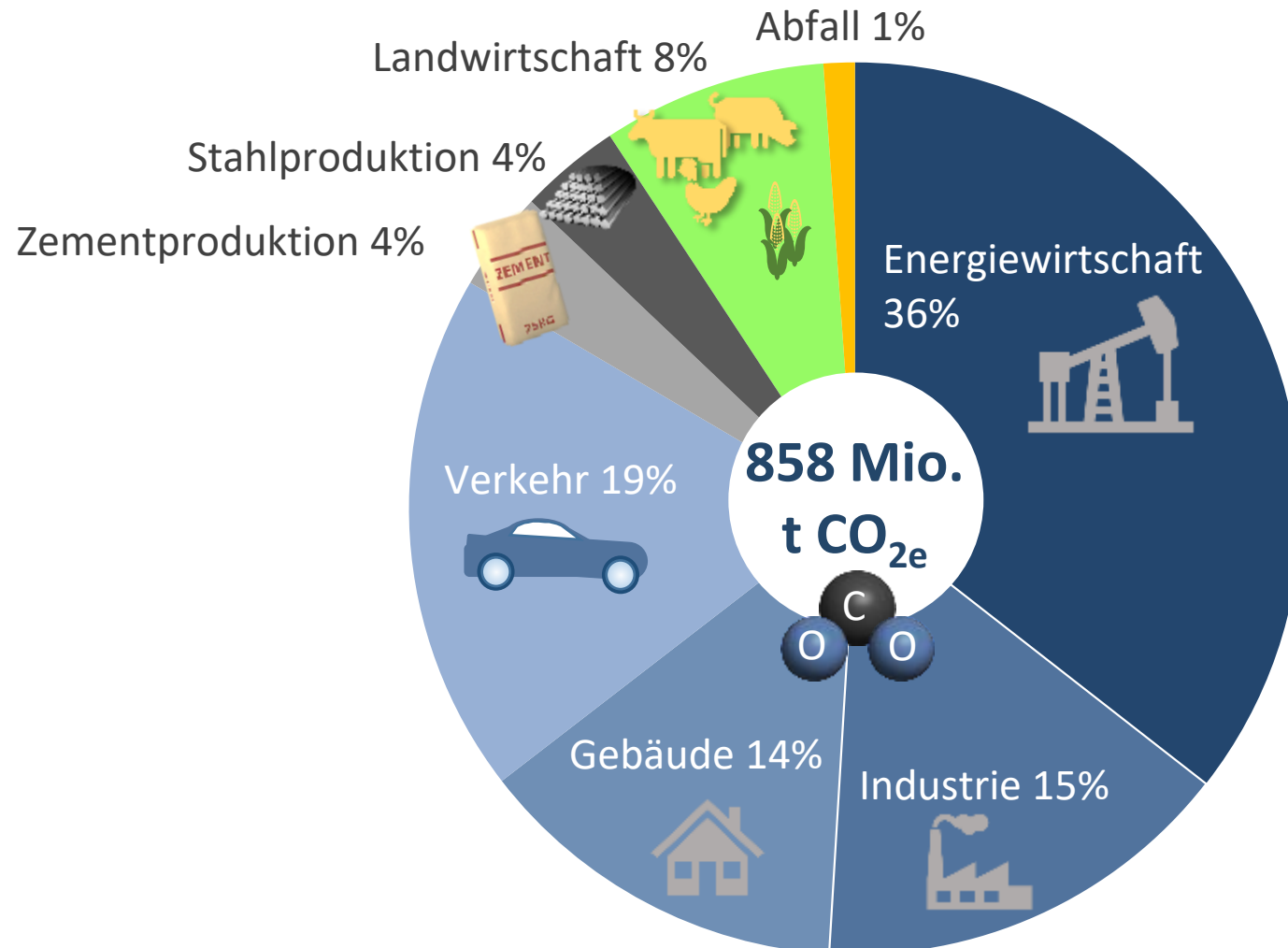
- Klimaneutralität
- Emissionsquellen und Maßnahmen
- Zusammenfassung



In welchen Sektoren wird wie viel CO_{2e} emittiert?

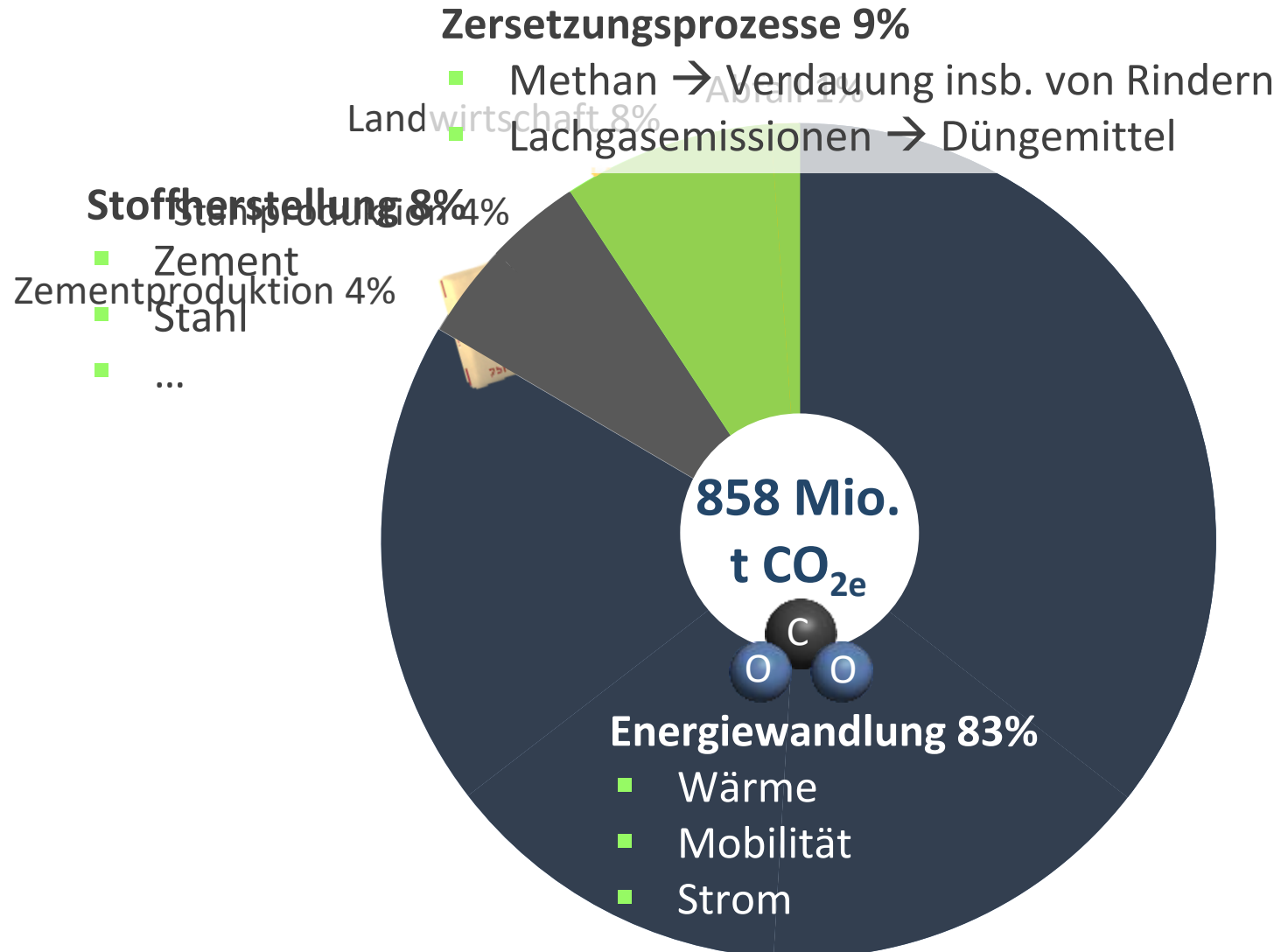
Treibhausgasemissionen

THG-Emissionen nach Sektoren - Deutschland 2018



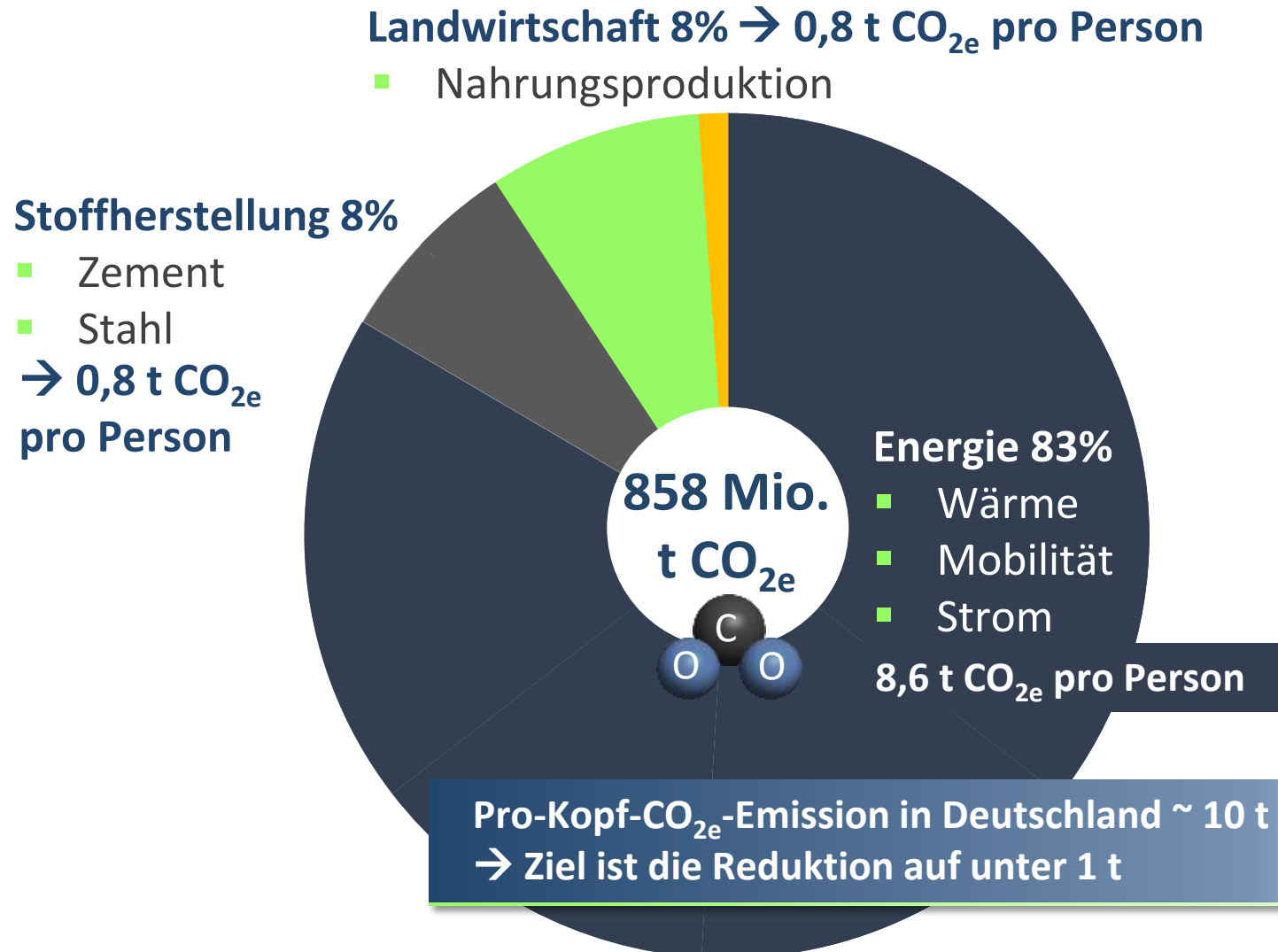
Treibhausgasemissionen

THG-Emissionen nach Entstehungsprozess - Deutschland 2018



Treibhausgasemissionen

Klassifikation der THG-Emissionen - Deutschland 2018



können wir uns mit regenerativer Energie versorgen?

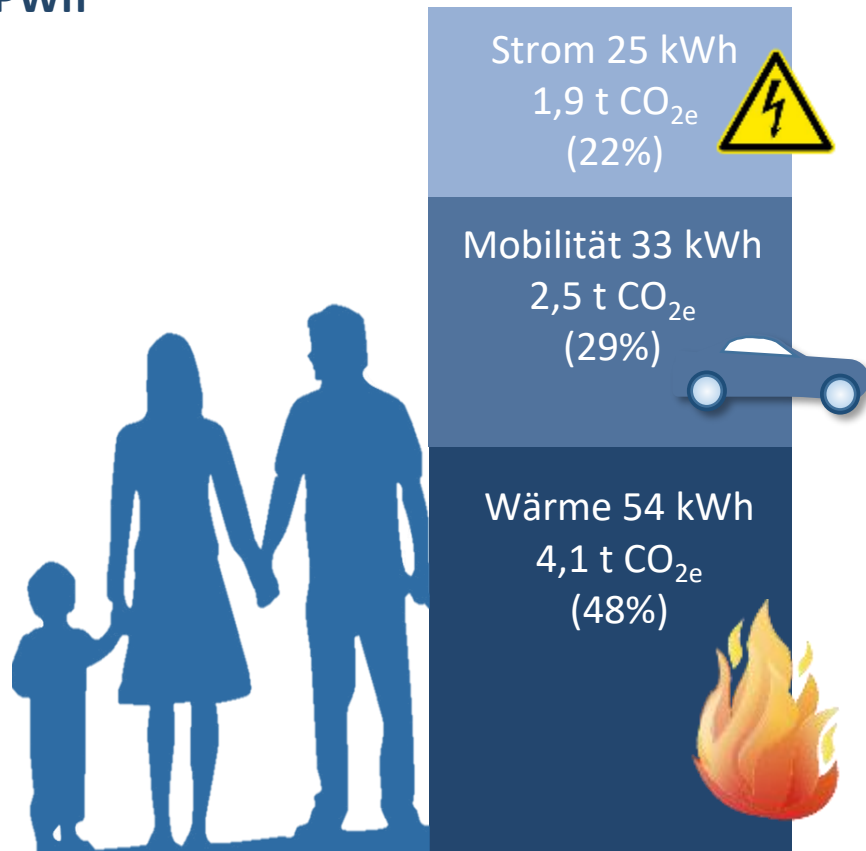


Klimaneutrales Deutschland

Primärenergiebedarf pro Kopf und Tag – Stand 2021

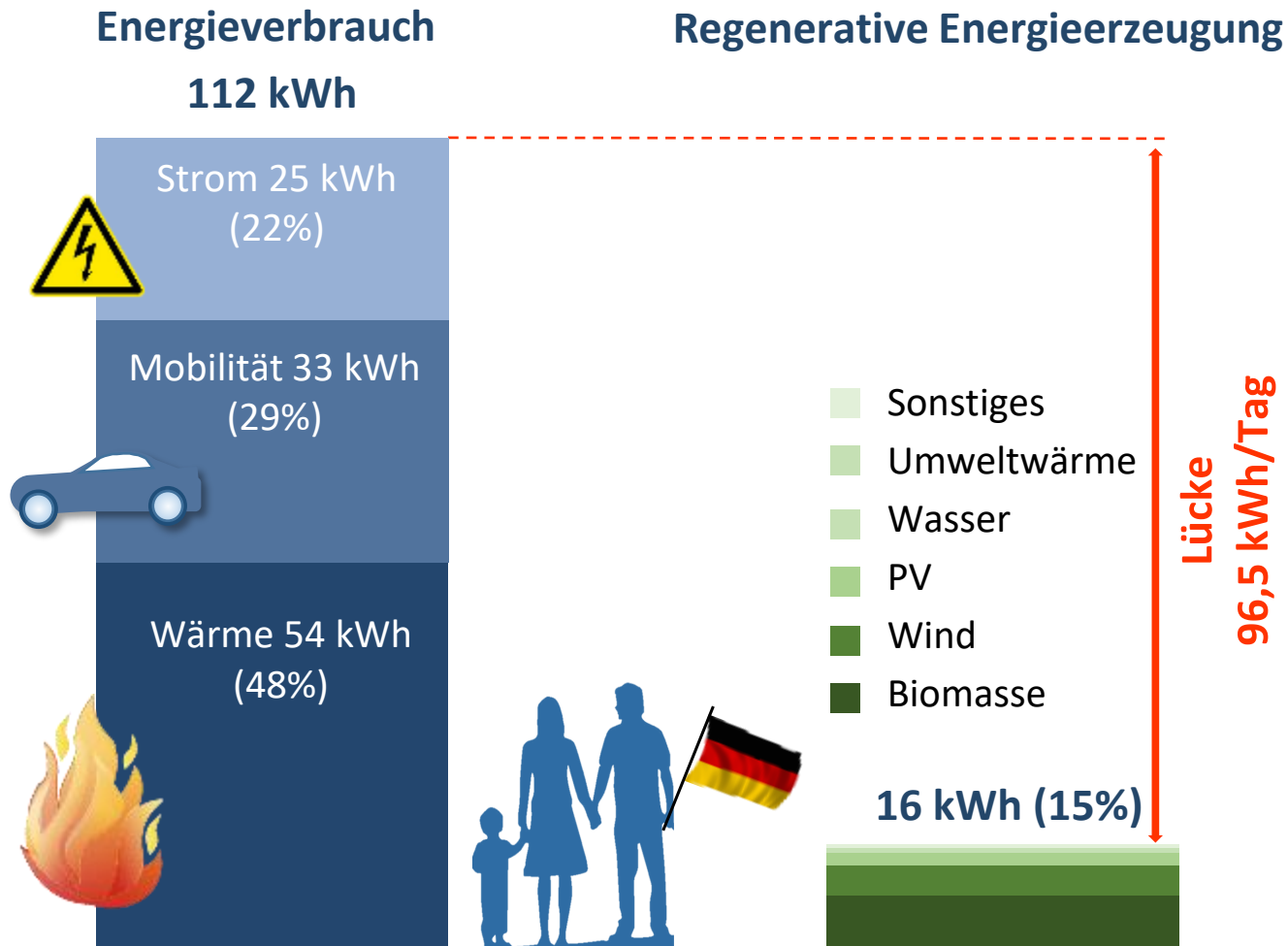
Primär-
energiebedarf
Deutschland
3,4 PWh

112 kWh/Person und Tag
8,6 t CO_{2e}/Person und Jahr



Klimaneutrales Deutschland

Weg der Energiewende – Energiebilanz auf Basis von 2021

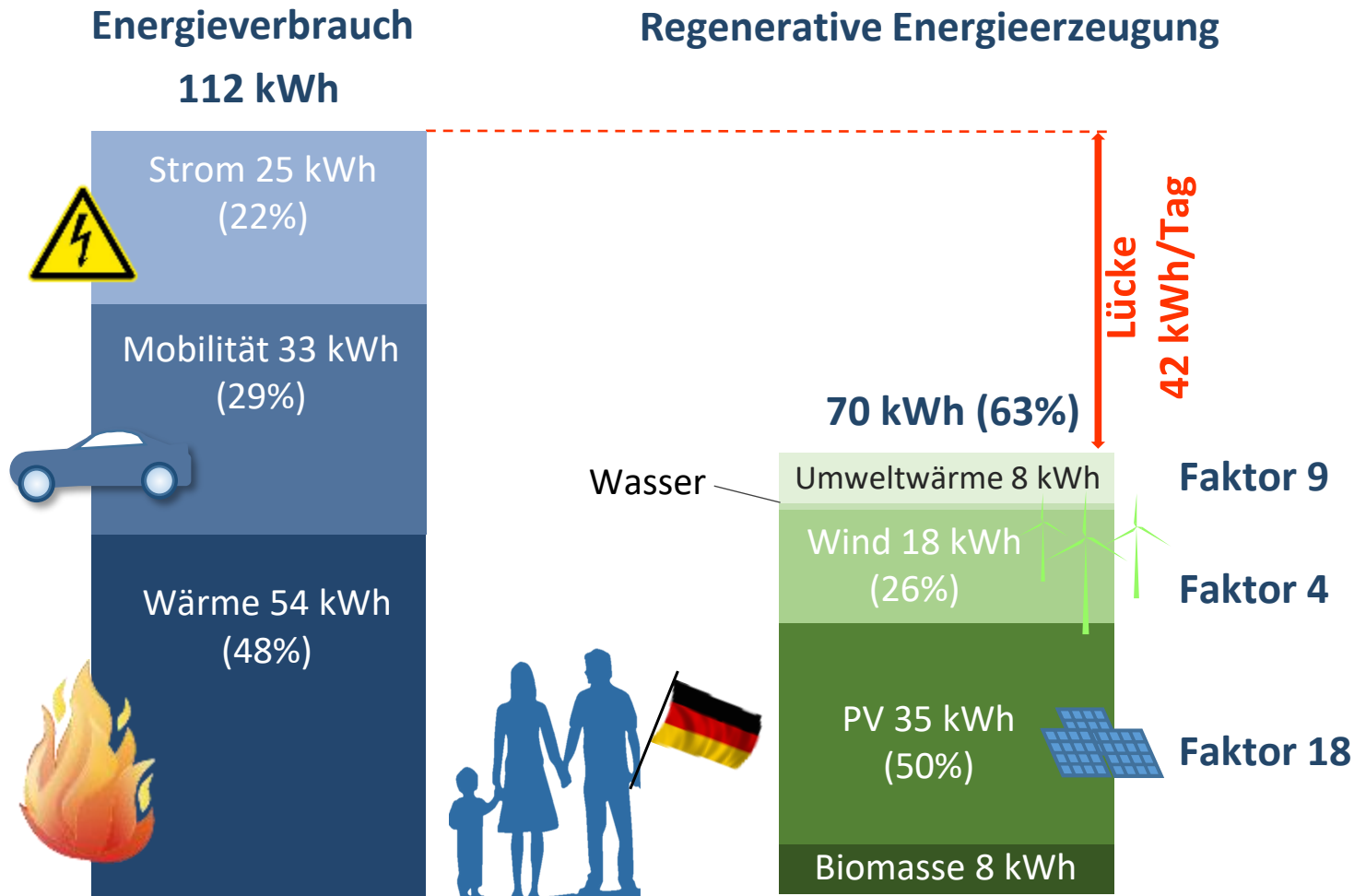


Energieangaben in kWh/Person und Tag

Quellen: In Anlehnung an [HOLLER19] eigene Berechnungen

Klimaneutrales Deutschland

Weg der Energiewende – Energiebilanz auf Basis von 2021



Energieangaben in kWh/Person und Tag

Quellen: In Anlehnung an [HOLLER19] eigene Berechnungen

Technologische Transformation

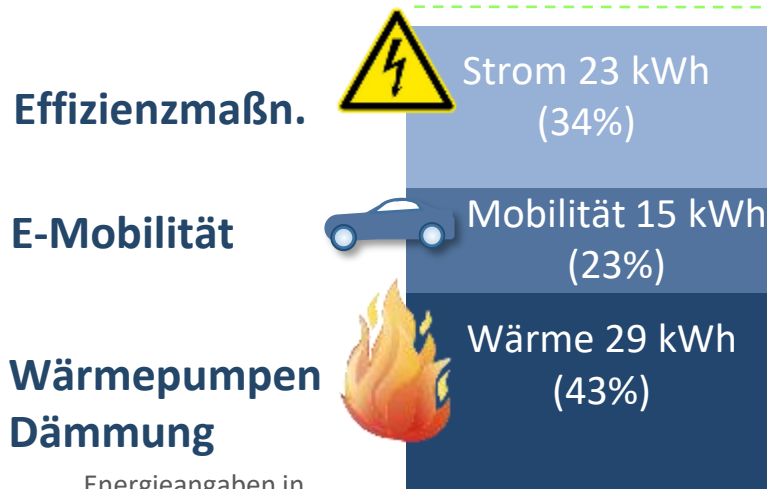
- Gesellschaftlicher Wandel
- Politische Rahmenbedingungen
- Investition in Klimatechnologien

Ausbau regenerativer Energieerzeuger

- 2% Landfläche für Wind
- bis zu 3% Landfläche & alle verfügbaren Dachflächen für PV

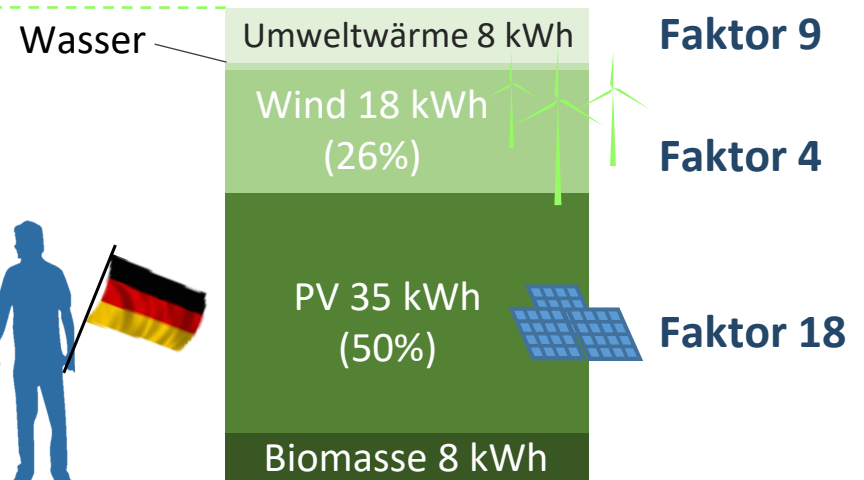
Potenzieller Energieverbrauch

68 kWh



Regenerative Energieerzeugung

70 kWh



Energieangaben in kWh/Person und Tag

Quellen: In Anlehnung an [HOLLER19] eigene Berechnungen

Technologische Transformation

- Gesellschaftlicher Wandel
- Politische Rahmenbedingungen
- Investition in Klimatechnologien

Ausbau regenerativer Energieerzeuger

- 2% Landfläche für Wind
- 3% Landwirtschaftsfläche & alle verfügbaren Dachflächen für PV

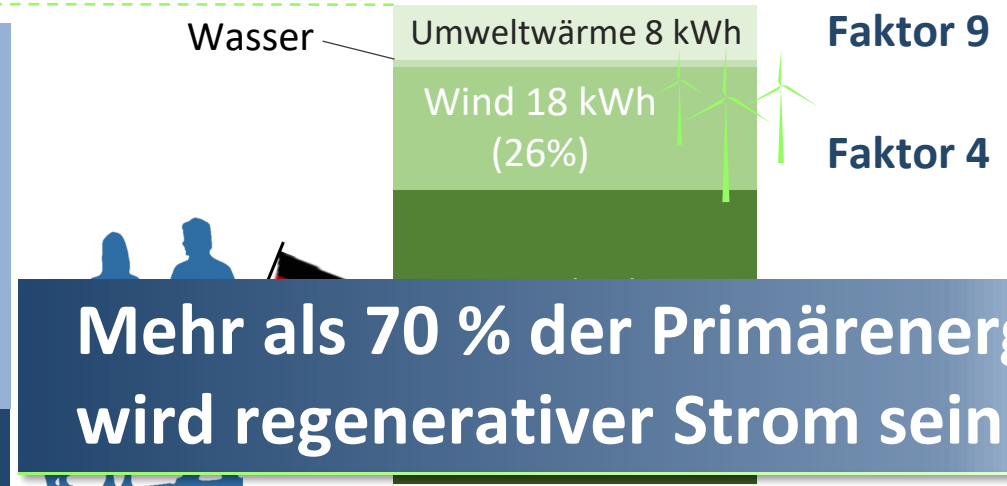
Potenzieller Energieverbrauch

68 kWh



Regenerative Energieerzeugung

70 kWh





**Wie können wir uns
klimaneutral ernähren?**

Flächennutzung

Flächennutzung in Deutschland

Fläche Deutschland

357.125 km²

Waldfläche

106.423 km²
29,8%

Ackerland
70,6%

Grünland &
Weideland
29,4%

Landwirtschaftsfläche

180.705 km²
50,6%

Siedlungs- & Verkehrsfläche

10.000 km²
2,8%

- Lebensmittelproduktion → enorme Flächen → geringe Energiemengen
- Fläche reicht nicht für deutschen Nahrungsverbrauch
- Flächen für die Energieerzeugung? → **Flächeneffizienz**

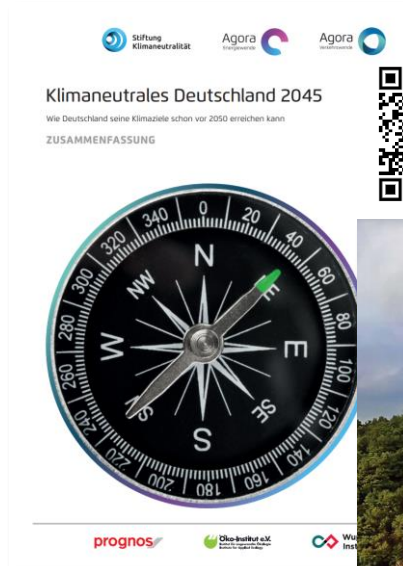
2,3%

Big5-Studien

AGORA

Energiewende

- Thinktank & Politiklabor
ca. 100 Wissenschaftler



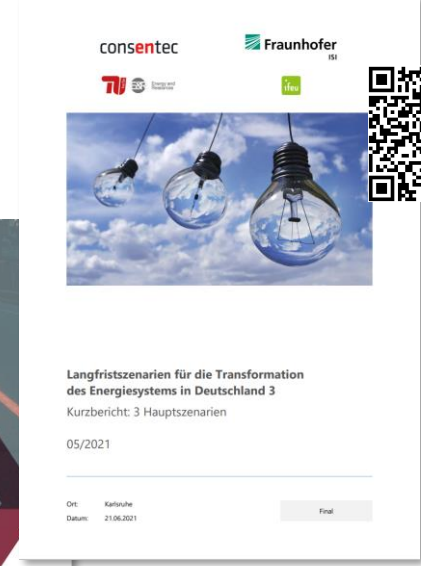
Der Bundesverband der Deutschen Industrie

- 150 Experten von BDG und BDI
- 80 Unternehmen und Verbände



Langfristszenarien

- Finanziert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- 30 Wissenschaftler:innen und Expert:innen



Deutsche Energie-Agentur

- 300 Experten
- 10 gutachterliche Institute
- 30 Expert:innen von der Dena

Kopernikus Ariadne»Projekt

- Finanziert durch Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Mehr als 25 Forschungsinstituten
- 75 Autor:innen

Aussagen - Big5-Studien

Definition und Bilanzen

Treibhausneutralität bis 2045 technisch möglich

→ hochambitionierte Transformation in allen Sektoren

Ausbau regenerativer Stromerzeugung

- Photovoltaik 230 bis 800 GW (BKG23 → 400 GW bis 2045)
- Windkraft Onshore 74 bis 230 GW (BKG23 → 160 GW bis 2045)
- Windkraft Offshore 29 bis 80 GW (BKG23 → 40 GW bis 2045)
- Geothermie 46 bis 66 GW
- Syn. Kraftstoffe 7 bis 265 TWh

Elektrifizierung zur Effizienzerhöhung

- Verkehrssektor (E-PKW & LKW, H₂-Schiffe & Flugverkehr & (Fernverkehr))
 - Wärmesektor (vorw. Wärmepumpe, Fernwärmenetze), Dämmung
- Halbierung Primärenergiebedarfs → Verdoppelung Strombedarf (~1000 TWh)

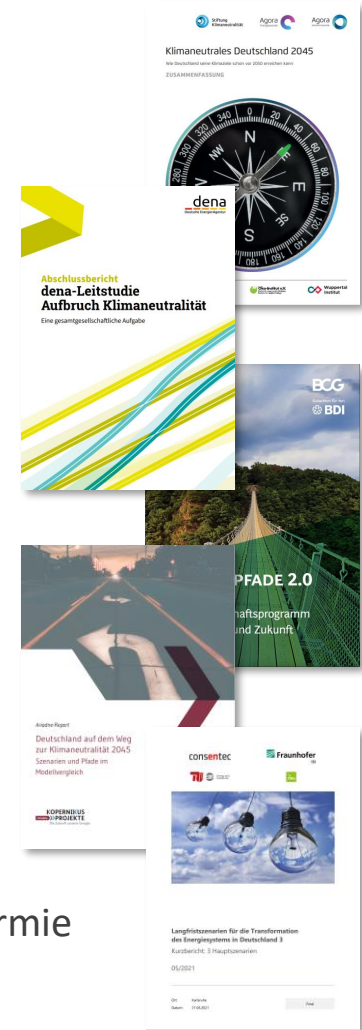
Energieimporte deutlich geringer als heute

- Strom 20 bis 80 GW
- Synthetischen Kraftstoffe → Stromflauten, Stahl, Grundstoffe 7 bis 169 TWh

Regelbare Kraftwerke

- Wasserkraft, Gaskraftwerke betrieben mit synthetischen Kraftstoffen, Geothermie
- Reduktion von Biomassekraftwerken (Holz, Biogas, Bio-Diesel)

CO₂-Senken



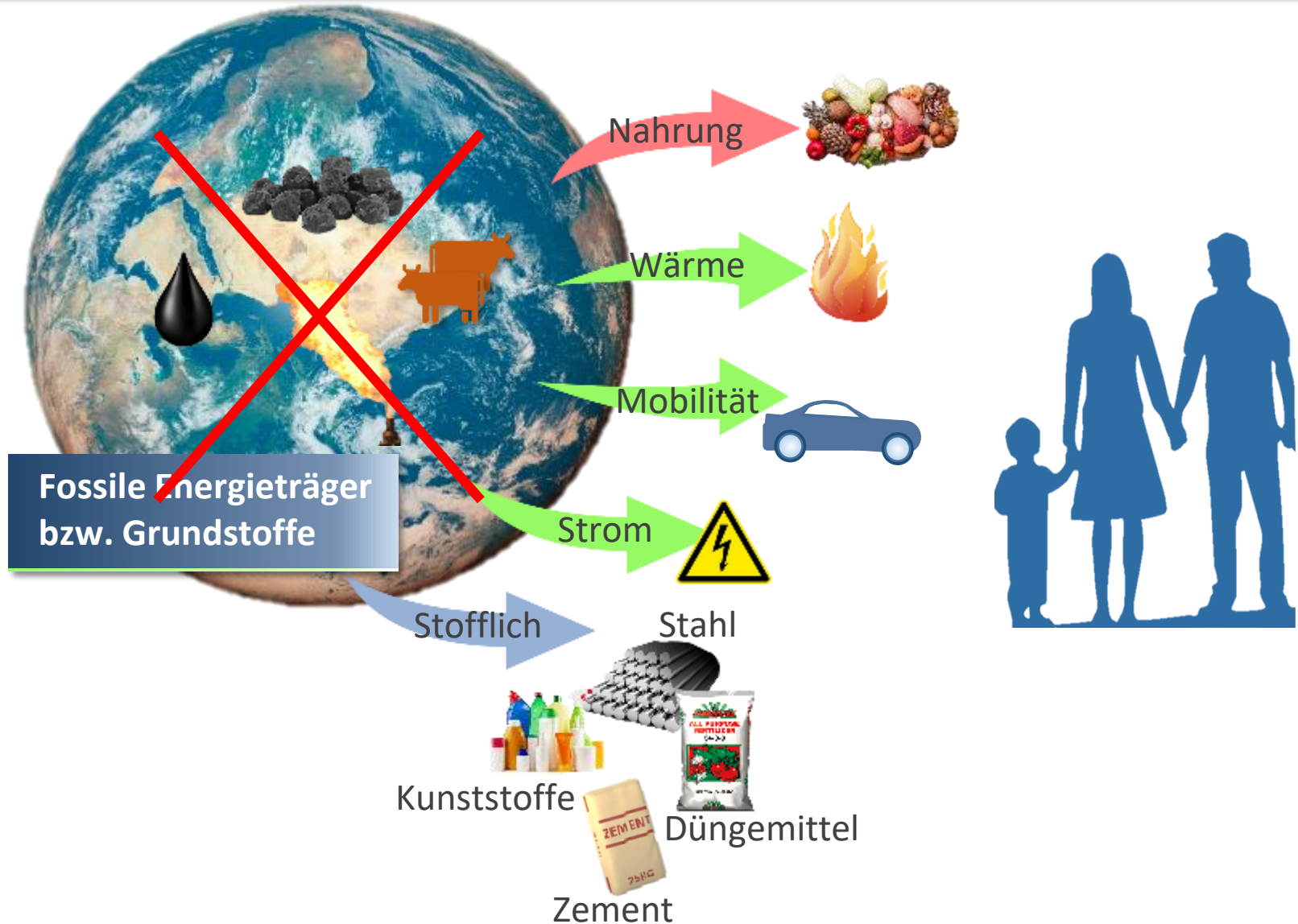
- Treibhausgasbilanz
- Emissionsquellen und Maßnahmen
- Zusammenfassung



Wie können wir klimaneutral werden?

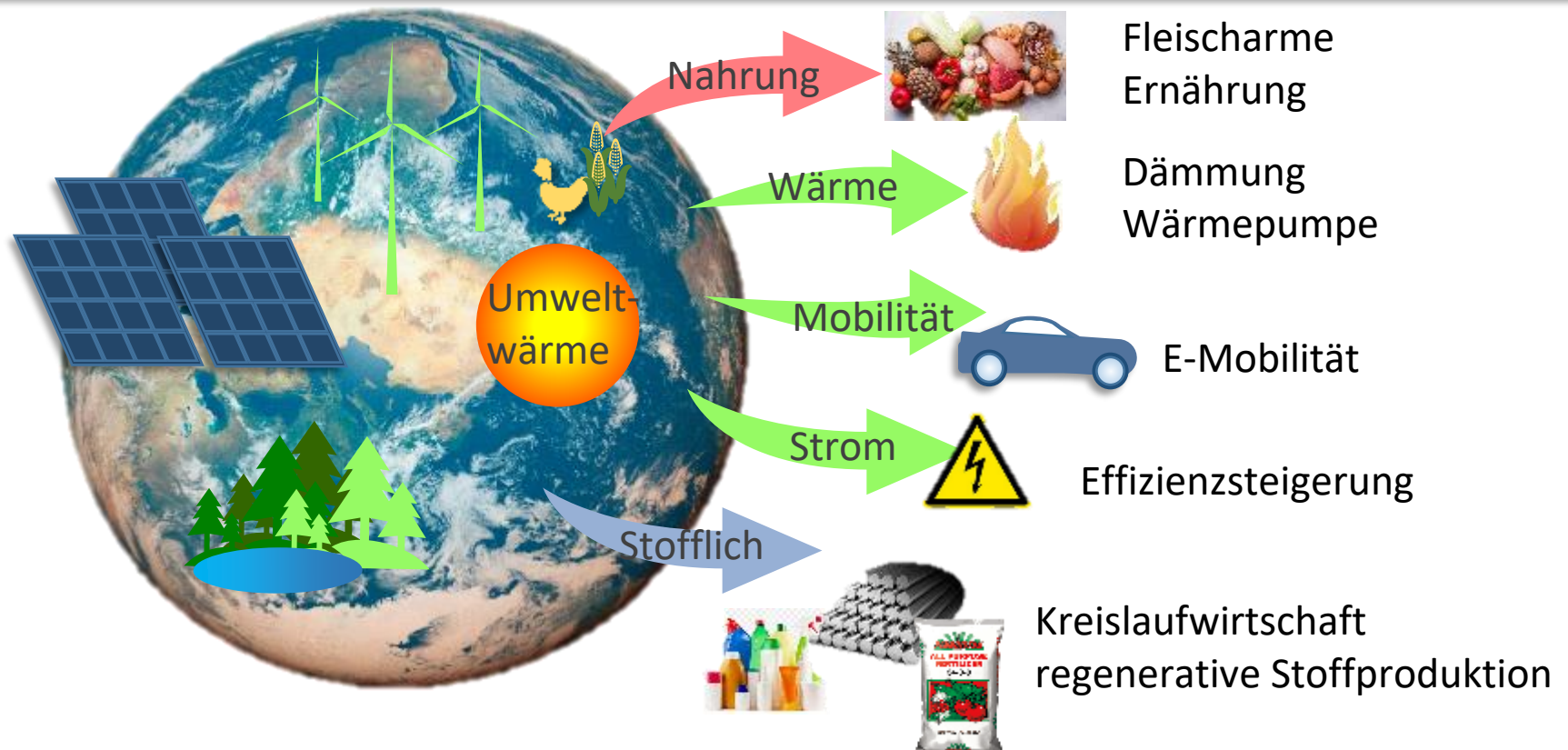
Klimaneutral?

Definition und Bilanzen



Klimaneutrales Deutschland

Zusammenfassung



Regenerative Energieversorgung

- Massiver Ausbau von
 - Photovoltaik (> Faktor 8)
 - Windkraft (Faktor 4)
- Senken stärken insb. Wälder

Verbrauch senken

- E-Mobilität
- Wärmepumpen, Sanierung und Dämmen
- Fleisch- und Milchkonsum reduzieren
- Stahlproduktion mit grünem Wasserstoff
- Zementeinsatz reduzieren



Ist der Klimawandel aufzuhalten? Ja! Durch

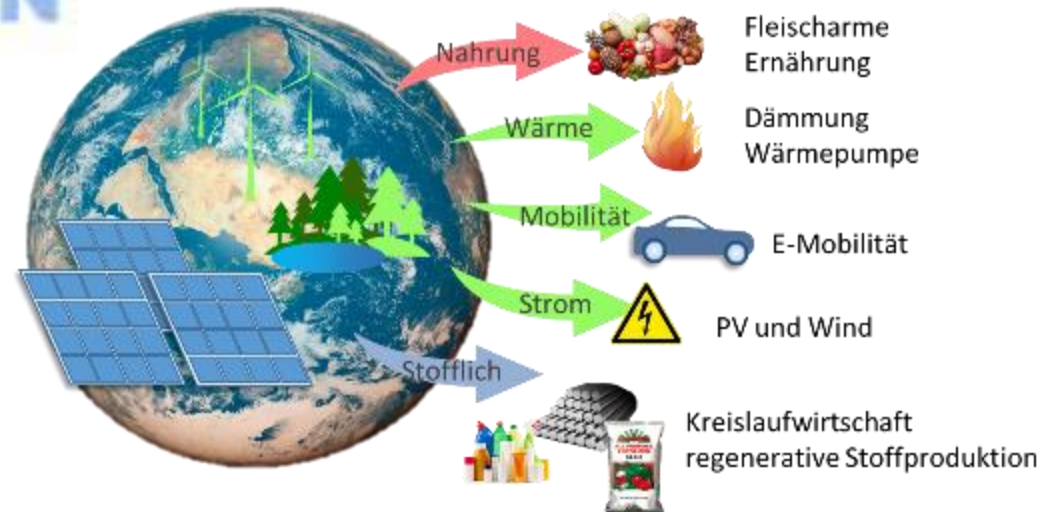
- einen raschen gesellschaftlichen Wandel
- eine rasche technologische Transformation

Klimaneutrales Deutschland

Zusammenfassung



**WIR
BRAUCHEN
DICH!**



**Helft den erforderlichen
Technologiewandel zu gestalten!**



Chinesisches Sprichwort

»Wer den Wind der Veränderung spürt, sollte keinen Windschutz, sondern eine Windmühle bauen!«

ACHT19	C. Achtelik, N. M. Schimmel, J. Rhiemeier, Navigant, Energiewende in der Industrie - Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor - Branchensteckbrief der Grundstoffchemie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Navigant Energy Germany GmbH, 14.06.19: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiewende-in-der-industrie-ap2a-branchensteckbrief-chemie.pdf?__blob=publicationFile&v=4
AGEB20a	AGEB. (November, 2020). Pro-Kopf-Energieverbrauch* in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2019 (in Gigajoule) [Graph]. In Statista: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/240698/umfrage/pro-kopf-energieverbrauch-in-deutschland/
AGEB21a	Primärenergieverbrauch in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2020 (in Exajoule), AGEB, aufgerufen von Statista https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/153206/umfrage/primaerenergieverbrauch-in-deutschland-seit-1990/ - aufgerufen am 17.02.2022
AGEB21b	Anteil Erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2020, AGEB, aufgerufen von Statista https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/2849/umfrage/anteil-erneuerbarer-energien-am-gesamten-primaerenergieverbrauch/ - aufgerufen am 18.02.2022
AGORA20	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität, https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
AGORA21	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
AGORA17	Fraunhofer IWES/IBP (2017): Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, 107/01-S-2017/DE, Februar 2017: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Sektoruebergreifende_EW/Waermewende-2030_WEB.pdf - aufgerufen am 20.04.2021
ALLGÄU21	https://www.allgaeuer-zeitung.de/allgaeu/immenstadt/unwetter-in-wagneritz-flutwelle-in-rettenberg-rei%C3%9Ft-auto-mit-b%C3%BCrgermeister-%C3%A4u%C3%9Fert-sich_arid-313612 – aufgerufen am 22.11.2021
ALLG22	https://allgaeu-erleben.com/geologie.php#top – aufgerufen 22.04.2022
AMMO21	Ammoniak, Wikipedia-Artikel - abgerufen 01.05.2021: https://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniak - aufgerufen 13.06.2021
AUSTMANN21	Prof. H. Austmann, global denken – lokal handeln, Vortrag vom 08.11.2021 an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten
BAYERNSTATISTIK20	Statistik kommunal 2019, (Januar 2020), 09 780 Landkreis Oberallgäu, Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten, Bestellnummer Z50021 201900 https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2019/09780.pdf - aufgerufen am 26.04.2022

Quellenverzeichnis

BDEW20	BDEW, (März, 2020), Stromverbrauch nach Verbrauchergruppe in Deutschland in den Jahren 2018 und 2019, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170390/umfrage/stromverbrauch-nach-sektoren-in-deutschland/ - aufgerufen am 13.04.2020
BLONDEL11	Blondel B, et al., (November 2011), Cycle more Often 2 cool down the planet!, Quantifying CO2 savings of Cycling, https://ecf.com/files/wp-content/uploads/ECF_CO2_WEB.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
BLUM18	Blum L., (Dezember 2018), Reversible Brennstoffzelle bricht Wirkungsgrad-Rekord, Jülich Forschungszentrum, https://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/UK/DE/2018/2018-12-18-brennstoffzelle-wirkungsgrad-weltrekord.html?nn=448936 – aufgerufen am 26.04.2022
BMEL17	Daten und Fakten - Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau, Herausgeber Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Dezember 2017, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Daten-und-Fakten-Landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=9 – aufgerufen am 03.04.2022
BP21	Weltweiter Primärenergieverbrauch nach Energieträger in den Jahren 2019 und 2020 (in Exajoule), BP Statistical Review of World Energy 2021, Seite 11, veröffentlicht, Juli 2021, abgerufen von Statista https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/42454/umfrage/weltweiter-primaeenergieverbrauch-nach-brennstoffen-in-oelaequivalent/ - aufgerufen am 18.02.2022
BUNDESMINISTERIUM23	Abkommen von Paris, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html – abgerufen am 01.03.2023
BUNDESREGIERUNG23	CO2 hat einen Preis - Anreiz für weniger CO2-Emissionen - https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/weniger-co2-emissionen-1810636 - abgerufen am 20.02.2023
BUNDESTAG19	Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste, (November 2019), Energieeffizienz im Fahrzeugsektor, WD 8 - 3000 - 143/19, https://www.bundestag.de/resource/blob/711190/42e9651247989ad24d2632adfa9f383e/WD-8-143-19-pdf-data.pdf - aufgerufen am 18.02.2022
BÜNGER14	Bünger et al., (Juni 2014), DIE ROLLE VON WASSERSTOFF I+C13N DER ENERGIEWENDE, https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/Meta-Studie_RZ_Web.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
BERLIN21	www.bz-berlin.de – aufgerufen 22.11.2021
CHEM22a	A. Kuhlmann et al., Rohöl, Entstehung des Erdöls, Copyright © 1999-2016 Wiley Information Services GmbH http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/10/erdoel/rohoel/rohoel.vlu/Page/vsc/de/ch/10/erdoel/rohoel/entstehung/entstehung.vscml.html - aufgerufen 15.04.2022
CHEM22b	Zement, https://www.chemie.de/lexikon/Zement.html - aufgerufen am 22.04.2022
CHEM22c	Methan, https://www.chemie.de/lexikon/Methan.html - aufgerufen am 22.04.2022
DENA20	Natürliche Senken - Kurzgutachten zur dena-LEITSTUDIE AUFBRUCH KLIMANEUTRALITÄ - Die Potenziale natürlicher Ökosysteme zur Vermeidung von THG-Emissionen und Speicherung von Kohlenstoff – Modellierung des LULUCF-Sektors sowie Analyse natürlicher Senken, Öko-Institut e.V. und Deutsche Energie Agentur dena, dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität – Kurzgutachten Natürliche Senken 2020. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDEs/2021/211005_DLS_gutachten_OekoInstitut_final.pdf -

DWD09	L. Just, P. Wild, F. Arnold, Deutscher Wetterdienst, Statistisches Windfeldmodell (SWM), http://www.wind-of-change.org/files/helix_files/news/160823_Bergedorfer/Windkarte-Deutschland-10m.pdf - aufgerufen am 23.04.2022
ECOL08	Christophe, CO2 Emissionen pro Liter Kraftstoff: Benzin, Diesel oder LPG, veröffentlicht am 07. März 2008, https://www.econologie.de/Emissions-co2-Liter-Kraftstoff-Benzin-oder-Diesel-gpl/ - aufgerufen am 26.04.2022
EIW22	Erdgas, Steinkohle, Erdöl: Analyse der europäischen Energieimporte, 25. März 2022, https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/energieimporte/ - aufgerufen am 23.04.2022
EEG2023	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), Ausfertigungsdatum 21.07.2014, Stand 04.01.2023 Nr. 6, https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/ - abgerufen am 09.03.2023
EMILSSON19	Emilsson & Dahllöf, (November 2019), Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO 2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling, https://www.researchgate.net/publication/339237011_Lithium-Ion_Vehicle_Battery_Production_Status_2019_on_Energy_Use_CO_2_Emissions_Use_of_Metals_Products_Environmental_Footprint_and_Recycling - aufgerufen am 23.04.2022
FICHTNER19	Prof. Fichtner, Nachhaltige Batterien für die Speicherung Erneuerbarer Energie – wohin geht die Reise?, Vortrag 09. Dezember 2019, https://www.youtube.com/watch?v=gz4KtmBKE9Y - aufgerufen 17.02.2022
FRAUNHOFER19	C. Hebling, M. Ragwitz, T. Fleiter, U. Groos, D. Härle, A. Held, M. Jahn, N. Müller, T. Pfeifer, P. Plötz, O. Ranzmeyer, A. Schaadt, F. Sensfuß, T. Smolinka, M. Wietschel, Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, Oktober 2019 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/ueber-fraunhofer/wissenschaftspolitik/Positionen/Fraunhofer-Wasserstoff-Roadmap.pdf - abgerufen 05.04.2021
FRAUNHOFER20	AGRI-PHOTOVOLTAIK: CHANCE FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ENERGIEWENDE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf - aufgerufen am 04.04.2022
FRAUNHOFER21	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Juni 2021), Energy-Charts, https://energy-charts.info/charts/renewable_share/chart.html?l=de&c=DE&interval=year
FRAUNHOFER21b	Erneuerbare Energie oft günstiger als konventionelle, veröffentlicht in Statista durch Matthias Janson, https://de-statista.com.hske.idm.oclc.org/infografik/26886/stromgestehungskosten-fuer-erneuerbare-energien-und-konventionelle-kraftwerke-in-deutschland/ - abgerufen am 12.05.2022
FUTURE EARTH20	Future Earth, A. Scrutton at al, Our Future on Earth, SCIENCEINSIGHTSINTOOUR PLANET AND SOCIETY, No 1./2020, https://drive.google.com/file/d/1frtujlePBi5yTP1ccwefk-NxH1tRnpXb/view?ref=bar-line – abgerufen am 08.03.2023
HARVARD21	Harvard Health Publishing, (März 2021), Calories burned in 30 minutes for people of three different weights, https://www.health.harvard.edu/diet-and-weight-loss/calories-burned-in-30-minutes-of-leisure-and-routine-activities
HEID22	Vom Kalkstein zum Zement, Video von HeidelbergCement Deutschland, https://www.youtube.com/watch?v=QwtnSPzn1Ss – aufgerufen am 22.04.2022

HOEKSTRA19	A. Hoekstra, (Juni 2019), The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119302715 – aufgerufen am 22.04.2022
HOEKSTRA20	Hoekstra, Steinbuch, (August 2020), Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel, https://www.aveve.org/wp-content/uploads/2020/09/englisch_Studie-EAuto-versus-Verbrenner_CO2.pdf – aufgerufen am 22.04.2022
HOLLER19	Holler, Gaukel, (2019) Erneuerbare Energien - Ohne Heiße Luft, ISBN-13: 9781906860899
EEG2023	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), Ausfertigungsdatum 21.07.2014, Stand 04.01.2023 Nr. 6, https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/ - abgerufen am 09.03.2023
EMILSSON19	Emilsson & Dahllöf, (November 2019), Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO 2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling, https://www.researchgate.net/publication/339237011_Lithium-Ion_Vehicle_Battery_Production_Status_2019_on_Energy_Use_CO_2_Emissions_Use_of_Metals_Products_Environmental_Footprint_and_Recycling - aufgerufen am 23.04.2022
FICHTNER19	Prof. Fichtner, Nachhaltige Batterien für die Speicherung Erneuerbarer Energie – wohin geht die Reise?, Vortrag 09. Dezember 2019, https://www.youtube.com/watch?v=gz4KtmBKE9Y - aufgerufen 17.02.2022
FRAUNHOFER19	C. Hebling, M. Ragwitz, T. Fleiter, U. Groos, D. Härle, A. Held, M. Jahn, N. Müller, T. Pfeifer, P. Plötz, O. Ranzmeyer, A. Schaadt, F. Sensfuß, T. Smolinka, M. Wietschel, Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, Oktober 2019 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/ueber-fraunhofer/wissenschaftspolitik/Positionen/Fraunhofer-Wasserstoff-Roadmap.pdf - abgerufen 05.04.2021
FRAUNHOFER20	AGRI-PHOTOVOLTAIK: CHANCE FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ENERGIEWENDE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf - aufgerufen am 04.04.2022
FRAUNHOFER21	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Juni 2021), Energy-Charts, https://energy-charts.info/charts/renewable_share/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year
FRAUNHOFER21b	Erneuerbare Energie oft günstiger als konventionelle, veröffentlicht in Statista durch Matthias Janson, https://de-statista.com.hske.idm.oclc.org/infografik/26886/stromgestehungskosten-fuer-erneuerbare-energien-und-konventionelle-kraftwerke-in-deutschland/ - abgerufen am 12.05.2022
FUTURE EARTH20	Future Earth, A. Scrutton at al, Our Future on Earth, SCIENCEINSIGHTSINTOOUR PLANET AND SOCIETY, No 1./2020, https://drive.google.com/file/d/1frtujlePBi5yTP1ccwefk-NxH1tRnpXb/view?ref=bar-line – abgerufen am 08.03.2023
HARVARD21	Harvard Health Publishing, (März 2021), Calories burned in 30 minutes for people of three different weights, https://www.health.harvard.edu/diet-and-weight-loss/calories-burned-in-30-minutes-of-leisure-and-routine-activities
HEID22	Vom Kalkstein zum Zement, Video von HeidelbergCement Deutschland, https://www.youtube.com/watch?v=QwtnSPzn1Ss – aufgerufen am 22.04.2022

HOEKSTRA19	A. Hoekstra, (Juni 2019), The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119302715 – aufgerufen am 22.04.2022
HOEKSTRA20	Hoekstra, Steinbuch, (August 2020), Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel, https://www.avere.org/wp-content/uploads/2020/09/englisch_Studie-EAuto-versus-Verbrenner_CO2.pdf – aufgerufen am 22.04.2022
HOLLER19	Holler, Gaukel, (2019) Erneuerbare Energien - Ohne Heiße Luft, ISBN-13: 9781906860899
ICCT10	International Council on Clean transportation and Energy-redefined LLC, (November 2010), Carbon Intensity of Crude Oil in Europe, https://theicct.org/sites/default/files/ICCT_crudeoil_Eur_Dec2010_sum.pdf – aufgerufen am 22.04.2022
IPCC18	P. Forster, D. Huppmann, E. Kriegler, et al., (2018) Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development – SR15_Chapter2_SM_Low_Res.pdf (ipcc.ch) abgerufen am 01.03.2023
IPCC18b	V. Masson-Delmotte, H. Pörtner, J. Skea, et al., 1,5 °C GLOBALE ERWÄRMUNG - Häufig gestellte Fragen und Antworten https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-FAQs_de_barrierefrei.pdf - aufgerufen am 01.03.2023
JUNGMEIER19	Jungmeier, et al. (September 2019), Geschätzte Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch in der Lebenszyklusanalyse von Pkw-basierten Verkehrssystemen, Joanneum Research, https://www.adac.de/-/media/pdf/tet/lca-tool---joanneum-research.pdf?la=de-de&hash=F06DD4E9DF0845BC95BA22BCA76C4206 – aufgerufen am 22.04.2022
KALTSCHMITT15	M. Kaltschmitt, L. Schebek, Umweltbewertung für Ingenieure – Methoden und Verfahren, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, ISBN 978-3-642-36988-9,
KBA22	Kraftfahrt-Bundesamt (Januar, 2022), Anteil ausgewählter Kraftstoffarten an den Neuzulassungen von Personenkraftwagen in Deutschland von 2011 bis 2021, aufgerufen von Statista: https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/studie/id/91733/dokument/pkw-neuzulassungen-in-deutschland/ - aufgerufen am 18.02.2022
KEMPTEN20	Stadt Kempten, (2020), Zahlen Daten Fakten 2019/2020 Stadt Kempten(Allgäu, https://www.kempten.de/file/Zahlen_Daten_Fakten_2019-2020.pdf – aufgerufen 16.02.2022
LISSMANN19	Lissmann G. (Mai 2019), Fossile Energien, https://www.lissmann.eu/ressourcenschutz/fossile-energien - aufgerufen am 26.04.2022
LISTE HOCHÖFEN21	https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_europ%C3%A4ischer_Hochofenwerke - abgerufen 05.04.2021
LOSS20	Norbert Lossau, So soll Beton zum Klimaschützer werden, veröffentlicht am 29.07.2020, https://www.welt.de/wissenschaft/article212471801/Neuer-Beton-soll-kein-CO2-mehr-verursachen.html - aufgerufen am 22.04.2022
MASNADI18a	Masnadi S., et al, (August 2018), Global carbon intensity of crude oil production, https://www.researchgate.net/publication/327328315_Global_carbon_intensity_of_crude_oil_production - aufgerufen am 22.04.2022
MASNADI18b	Masnadi S., et al, (August 2018), Supplementary Materials for Global carbon intensity of crude oil production, https://www.science.org/action/downloadSupplement?doi=10.1126%2Fscience.aar6859&file=aar6859-masnadi-sm.pdf – aufgerufen am 26.04.2022

METEOBLUE21	https://www.meteoblue.com/de/climate-change/kempten_deutschland_2891621 - aufgerufen am 21.11.2021
MILA18	S. Milanzi, C. Spiller, B. Grosse, L. Hermann, J. Kochems, J. Müller-Kirchenbauer, Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens, Fachgebiet Energie- und Ressourcenmanagement, Technische Universität Berlin, 29.08.2018: https://www.er.tu-berlin.de/fileadmin/a38331300/Dateien/Technischer_Stand_und_Flexibilit%C3%A4t_des_Power-to-Gas-Verfahrens.pdf
NOAA21	R. Lindsey, Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide, veröffentlicht am 14. August 2021, https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide - aufgerufen am 26.04.2022
NRW22	Kohle – so fing alles an. https://www.mhkgb.nrw/sites/default/files/media/document/file/kohle.pdf - aufgerufen am 15.04.2022
PLAN21	C. Kracht, Wie Kohle entsteht, Veröffentlicht 09. März 2020 https://www.planet-wissen.de/technik/energie/steinkohlebergbau/pwieentstehungdersteinkohle100.html - aufgerufen am 26.04.2022
PM17	Gless, Kneissler, P.M. 2017, Sonne Marsch!, http://docs.wixstatic.com/ugd/19e817_7e636479028844668032205822bc34ad.pdf - aufgerufen am 03.06.2021
QINYU17	Qinyu Qiao, et.al., (Mai 2017), Comparative Study on Life Cycle CO2 Emissions from the Production of Electric and Conventional Vehicles in China, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217309049 - aufgerufen am 26.04.2022
SCHREIBER23	Prof. Dr. Regina Schreiber, Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten, Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung, Product Life Cycle Engineering
STATISTA23	Preisentwicklung von CO2-Emissionsrechten im europäischen Emissionshandel (EU-ETS) von 2005 bis 2022 ² (in Euro pro Tonne CO ₂ -Äquivalent), EEA; Ember, veröffentlicht am Februar 2023, https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/1304069/umfrage/preisentwicklung-von-co2-emissionsrechten-in-eu/?locale=de – abgerufen am 20.02.2023
STATISTISCHES BUNDESAMT20	Flächennutzung - 14,5% der Bodenfläche Deutschlands werden für Siedlungs- und Verkehrszwecke verwendet, herausgegeben durch Statistisches Bundesamt (Destatis) 2022, https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/siedlungs-verkehrsflaeche_aktuell.html;jsessionid=B444E28BE95896A2264CC44BC53E6186.live741 - aufgerufen am 03.04.2022
STATISTISCHES BUNDESAMT22	Bevölkerung - Zahl der Einwohner in Deutschland von 2010 bis 2021 (in Millionen), Statistisches Bundesamt, veröffentlicht Januar 2022, https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/1217/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-seit-2002/ - aufgerufen 17.02.2022
STEFFEN2015	W. Steffen et al. 2015 The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration, The Anthropocene Review, DOI: 10.1177/2053019614564785 https://www.bpb.de/system/files/dokument_pdf/Steffen2015TheTrajectoryoftheAnthropoceneTheGreatAcceleration.pdf - aufgerufen am 08.03.2023
TAGESSPIEGEL23	Klimarechner für die Küche https://interaktiv.tagesspiegel.de/lab/co2-bilanz-von-essen-der-klimarechner-fuer-deine-kueche/ - abgerufen am 07.03.2023

THER19	Wirkungsgrad der Heizung – wichtige Kennzahl für die Effizienz des Heizgeräts, 05.12.2019: https://www.thermondo.de/info/rat/vergleich/wirkungsgrad-der-heizung/ - aufgerufen am 20.03.2021
TURAN16	Turan et al., Nat Commun 7, 12681 (September 2016), Upscaling of integrated photoelectrochemical water-splitting devices to large areas, https://www.nature.com/articles/ncomms12681 - aufgerufen am 12.06.2021
UMWELTBUNDESAMT23	Umweltbundesamt, Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, Stand 15.03.2022, https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung - aufgerufen am 23.04.2022
UMWELTBUNDESAMT23b	Umweltbundesamt, Treibhausgaseminderungsziele Deutschlands, Stand 09.02.2022, https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgaseminderungsziele-deutschlands#internationale-vereinbarungen-weisen-den-weg - aufgerufen am 23.04.2022
UMWELTBUNDESAMT23c	Umweltbundesamt, Der Europäische Emissionshandel, Stand 22.09.2022, https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmer-prinzip-und-umsetzung-des-europaischen-emissionshandels - aufgerufen am 19.02.2023
UMWELTBUNDESAMT22b	Umweltbundesamt, Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand 14.03.2022, https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick - aufgerufen am 19.04.2022
UMWELTBUNDESAMT22c	Umweltbundesamt, Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft, Stand 21.03.2022, https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung#bedeutung-von-landnutzung-und-forstwirtschaft – aufgerufen a, 02.03.2023
UMWELTBUNDESAMT21	Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittel), (Mai 2021), https://www.umweltbundesamt.de/bild/kohlendioxid-konzentration-in-der-atmosphaere - aufgerufen 12.06.2021
UMWELTBUNDESAMT20a	A. Breitkopf, Stahlindustrie- Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2018, 12.10.2020, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/476860/umfrage/treibhausgasemissionen-der-deutschen-stahlindustrie/#:~:text=Stahlindustrie-%20Treibhausgasemissionen%20in%20Deutschland%20bis%202018&text=Die%20Statistik%20zeigt%20die%20Entwicklung,4%20Millionen%20Tonnen%20CO2-%C3%84equivalenten - aufgerufen 12.06.2021
UMWELTBUNDESAMT20b	Umweltbundesamt, Dekarbonisierung der Zementindustrie, Stand 10. Februar 2020, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/factsheet_zementindustrie.pdf - aufgerufen am 02.04.2022
UMWELTBUNDESAMT20c	Umweltbundesamt, Emissionen aus Betrieben der Metallindustrie, Stand 07. September 2020, https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/industrie/emissionen-aus-betrieben-der-metallindustrie#umweltbelastende-emissionen-aus-der-metallindustrie - aufgerufen 19.04.2022
UMWELTBUNDESAMT20d	Umweltbundesamt, Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft, Stand 21.03.2022, https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft - aufgerufen am 22.04.2022

UMWELTBUNDESAMT08	Umweltbundesamt, Juli 2008, Kipp-Punkte im Klimasystem – Welche Gefahren drohen?, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf - aufgerufen am 02.04.2022
UNITED NATIONS23	CHAPTER XXVII, ENVIRONMENT, 7. d Paris Agreement, Paris, 12 December 2015, https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=en – abgerufen am 01.03.2023
UMWELTBUNDESRAT22	Sachverständigenrat für Umweltfragen, (Juni 2022) Wie viel CO ₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO ₂ -Budget, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?__blob=publicationFile&v=13 – abgerufen am 01.03.2023
UNIT14	Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013, Framework Convention in Climate Change, Unites Nations, 31. January 2014, https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf - aufgerufen am 23.04.2022
UMWELTBUNDESRAT22	Sachverständigenrat für Umweltfragen, (Juni 2022) Wie viel CO ₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO ₂ -Budget, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?__blob=publicationFile&v=13 – abgerufen am 01.03.2023
USGE21	US Geological Survey, (Januar 2022), Produktion von Zement nach den wichtigsten Ländern weltweit im Jahr 2021 (in Millionen Tonnen), https://de-statista-com.hske.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/153695/umfrage/produktion-von-zement-nach-laendern/ - aufgerufen am 22.04.2022
VDE19	F. Belmer et al., (Mai 2019), Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeuge, VDI-/VDE-Studie https://www.vde.com/resource/blob/1927182/ebf217d10a1fd89769029fc2cb54d252/elektromobilitaet-studie-data.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
VW20	Volkswagen (November 2019), Battery or fuel cell, that is the question, https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/battery-or-fuel-cell-that-is-the-question-5868 - aufgerufen am 30.4.2021
WELL14	Robert EDWARDS (JRC), Jean-François, LARIVÉ (CONCAWE), David RICKEARD (CONCAWE), Werner WEINDORF (LBST), WELL-TO-TANK Report Version 4.a, JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS, WELL-TO-WHEELS ANALYSIS OF FUTURE AUTOMOTIVE FUELS AND POWERTRAINS IN THE EUROPEAN CONTEXT, (April 2014), Report EUR 26237 EN, ISBN 978-92-79-33888-5, 2014: https://ec.europa.eu/jrc/en/printpdf/155323
WELT22	D. Wetzel, Deutschland kann Energie aus Russland kurzfristig nicht ersetzen, veröffentlicht am 29.01.2022, https://www.welt.de/wirtschaft/article236553699/Kohle-Oel-Gas-Deutschland-kann-Energie-aus-Russland-nicht-ersetzen.html - aufgerufen am 23.04.2022
WIETSCHEL19	Wietschel, et. al, (Februar 2019), Die aktuelle Treibhausgas- emissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland, Fraunhofer ISI, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2019/WP02-2019_Treibhausgasemissionsbilanz_von_Fahrzeugen.pdf - aufgerufen am 23.04.2022

WMO16	CO2 breaches milestone, drives warming, veröffentlicht am 18. Mai 2016, https://public.wmo.int/en/media/news/southern-hemisphere-breaches-co2-milestone - aufgerufen am 26.04.2022
WINDSEEG16	Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz - WindSeeG), Ausfertigungsdatum 13.10.2016, Stand 16.07.2021, letzte Änderung 20.12.2022 Nr. 54, https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/ - abgerufen am 09.03.2023
WIKI2023	Treibhauseffekt, https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt#/media/Datei:Atmosph%C3%A4rische_Durchl%C3%A4ssigkeit_DE.svg - abgerufen am 17.02.2023
WIKI2023b	Wasserdampf, https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Wasserdampf , - abgerufen am 17.02.2023
WIKIPEDIA_DESERT	https://de.wikipedia.org/wiki/Desertec - aufgerufen am 15.11.2020
WIKIPEDIA_HGÜ	https://de.wikipedia.org/wiki/Hochspannungs-Gleichstrom-%C3%9Cbertragung - aufgerufen am 30.4.2021
WORLD BANK19	Direct Normal Irradiation Germany, Solar Resource Map, ESMAP, SOLARGIS https://globalsolaratlas.info/download/germany - aufgerufen am 03.04.2022
ZDF21	Jan Frodeno stellt spektakulären Triathlon-Weltrekord auf sportstudio, produziert vom ZDF, https://www.youtube.com/watch?v=qk8xzqlapiY&t=191s - abgerufen von Youtube am 12.04.2022