



Global Energy Perspectives

gefördert aus Kapitel 2302, Titel 687 01

BMZ-Abschlussreport / Basisdokument

Global Energy Solutions e.V.

Teil 2: Wesentliche treibhausgasverursachende
Branchen

Stand 30.Juni 2023

Autorenteam:	
Siddhant Bane	Joern Becker
Ulrich Begemann	Leon Berks
Simon Göss	Prof. Dr. Estelle Herlyn
Dr. Wilfried Lyhs	Dr. Ludolf Plass
Dr. Jens Wagner	Dr. Hans Jürgen Wernicke

Erklärung zum Urheberrecht

Das nachfolgende Dokument ist grundsätzlich ausschließlich für den Empfänger bestimmt. Eine Weitergabe an Dritte oder die Nutzung für Dritte ist – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Dem Empfänger des Dokuments wird eine einfache, nicht übertragbare, nicht unterlizenzierbare, eingeschränkte Lizenz gewährt, das Dokument für persönliche, nicht kommerzielle, private Zwecke zu nutzen.

Ulm, im Juni 2023

Global Energy Solutions e.V.

Lise-Meitnerstr. 9

89081 Ulm

Vorsitzender: Christof v. Branconi (Christof.Branconi@Global-Energy-Solutions.org)

Abkürzungsverzeichnis

AIDS	Acquired Immunodeficiency Syndrome
BASF	Badische Anilin und Soda Fabriken
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEV	Battery Electric Vehicle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für internationale Zusammenarbeit
BOF	Basic Oxygen Furnace, Erzeugung von Stahl nach dem Sauerstoffblasverfahren (LD Linz-Donawitz)
BPC	Belite-rich Portland Clinker
BYF	Belite Ye'elimite-ferrite
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CCS	Carbon Capture and Storage
CCSC	Carbonatable Calcium Silicate Clinker
CCUS	Carbon Capture and Usage
CIS	Commonwealth of integrated States (1996: Russland, Belarus, Kasachstan, Kirgistan), Deutsch: GIS
CNG	Compressed Natural Gas
COPD	chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CSA	Calcium Sulphoaluminate Clinker
CTMP	chemi-thermomechanical pulping, Holzaufschluss
CTS	Clean Technology Scenario
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DWT	Die Tragfähigkeit ist für Handelsschiffe ein Maß für die Zuladefähigkeit, die in DWT (Dead Weight Ton) angegeben wird
EFT	E-Fischer-Tropsch-Fuels
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FSC	Forest Stewardship Council ist eine internationale Non-Profit-Organisation
GCCA	Global Cement and Concrete Association
GDP	Gros Domestic Product oder BIP: Bruttoinlandsprodukt
HBIS	Hebei Iron and Steel ist ein chinesisches Unternehmen mit Firmensitz in Shijiazhuang
HFO	Heavy Fuel Oil
HOPE	mehrere Projekte in verschiedenen Ländern (z.B. Finnland) zur Entwicklung von Stadtteilen durch ihre Bewohner
IEA	International Energy Agency
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation based on Univ Washington School of Medicine
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km-a	Jahreskilometer

LKAB	LKAB ist ein schwedisches Bergbauunternehmen mit Sitz in Luleå,
LNG	Liquid Natural Gas, verflüssigtes Erdgas (Methan)
LPG	Liquified Petroleum Gas
MaaS	Mobility as a Service
MGO	Marine Gas Oil
MOMS	Magnesium Oxides derived from Magnesium Silicates
MST	Million Short Tons = 0,9071 Mt
NaOH	Natrium-Hydroxid
NDC	Nationally Determined Contributions: im Pariser Abkommen 2015 definierte nationale Ziele und Beiträge zur Erreichung der globalen Klimaziele, die jeder Staat freiwillig festlegen konnte.
Nm ³	Normkubikmeter eines Gases bei einem Druck von 1,01325 bar (760 Torr) und einer Temperatur von 0°C
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OPC	Ordinary Potland Clinker
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes ist ein internationales Waldzertifizierungssystem
PGW	pressurized groundwood, Holzaufschlussverfahren
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
RTS	Reference Technology Scenario
SDG	Sustainable Development Goals, vgl. https://sdgs.un.org/goals
SGW	stone groundwood, Holzaufschlussverfahren
SOEC	solid oxide electrolyzer cell, Festoxid-Elektrolysezelle
SSA	Subsahara-Afrika
SSAB	Svenskt Stål AB, schwedischer Stahlhersteller
TGW	thermo groundwood, Holzaufschlussverfahren
THG	Treibhausgas
TMP	thermomechanical pulping, Holzaufschlussverfahren
TOE	Tons Oil Equivalent
UNEP	UN Environment Programme
USA	United States of America
USD	US Dollar
USSR	Union of Soviet Socialist Republic
WTLC	Worldwide harmonized Light Duty Test Cycle

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklungen in der globalen Stahlproduktion in den letzten 50 Jahren.	27
Abbildung 2: Verschiedene chemische Reaktionen in einem Hochofen (links). Zusammenfassung der Hochofen-Sauerstoffaufblaskonverter Route zur Stahlherstellung. BF – Blast Furnace. BOF – Basic Oxygen Furnace.	29
Abbildung 3: Stahlherstellung durch Direktreduktion mit Erdgas und Elektrolichtbogenofen.....	30
Abbildung 4: Direktreduktion mit MIDREX® Verfahren.	31
Abbildung 5: Senkung der Emissionen der Stahlproduktion mit der Nutzung des MIDREX®-Verfahrens.....	31
Abbildung 6: Globale Stahlnachfrage im Jahr 2050 laut IEA in Stated Policies und Sustainable Development Szenarien.	33
Abbildung 7: Weltweite Zementproduktion 2010-2021.....	34
Abbildung 8: Zementproduktion und CO ₂ -Emissionen nach Land (2010-2015).	35
Abbildung 9: Globale Zementproduktionsinfrastruktur in 2019.	35
Abbildung 10: Zementproduktion 1990 bis 2006 und Prognose bis 2050.....	36
Abbildung 11: Weltweite CO ₂ -Emissionen der Zementproduktion (energie- und prozessbedingt) in MST (Nillion Short Tons).	37
Abbildung 12: Prozess der Zementproduktion mit spezifischen Energieverbräuchen und CO ₂ -Emissionen der einzelnen Prozessschritte.....	38
Abbildung 13: Schritte der Zementproduktion, CO ₂ -Emissionen und mögliche Lösungsansätze für CO ₂ -Emissionsminderung.	39
Abbildung 14: Klinker-zu-Zement-Anteil in unterschiedlichen Regionen (1990-2015).	42
Abbildung 15: Schema eines Zementwerks mit Abscheideprozess von CO ₂ mit Aminwäsche.	43
Abbildung 16: Schema eines Zementwerks mit Oxyfuel-Verfahren zur CO ₂ -Abscheidung.	44
Abbildung 17: Schema des Kalzium Loopings.	44
Abbildung 18: Schema der direkten Abscheidung (LEILAC).....	45
Abbildung 19: Prozessemissionen alternativer Klinker im Vergleich mit Portlandklinker (OPC: Ordinary Portland Clinker, BPC: Belite-rich Portland Clinker, BYF: belite ye'elimited-ferrite, CCSC: Carbonatable Calcium Silicate Clinkers, CSA: Calcium Sulphoaluminate Clinker, MOMS: Magnesium Oxides derived from Magnesium Silicates).	47
Abbildung 20: Net-Zero-Pfad für die Zement- und Betonindustrie.	48
Abbildung 21: Darstellung der Oxyfuel-Anlage für das Demonstrationsprojekt „catch4climate“ in Mergelstetten.....	49
Abbildung 22: Gesamter kumulativer Investitionsbedarf nach Szenario bis 2050.....	51
Abbildung 23: Segmentierung der globalen Wertschöpfungskette der chemischen Industrie.	52
Abbildung 24: Produktionskapazität der globalen chemischen Industrie.	53
Abbildung 25: Bedarf nach wichtigen Grundstoffchemikalien in verschiedenen Szenarien (RTS: Reference Technology Scenario, CTS: Clean Technology Scenario).	53
Abbildung 26: Energieverbrauch und Emissionen der chemischen Industrie in 2015.....	54
Abbildung 27: THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette der chemischen Industrie.	54

Abbildung 28: Energieverbrauch und THG-Emissionen der fünf meistproduzierten Chemikalien im Jahr 2010.	55
Abbildung 29: Energieverbrauch und THG-Emissionen der sechs meistproduzierten Chemikalien im Jahr 2018.....	56
Abbildung 30: Pfade zur Minderung von THG-Emissionen in der chemischen Industrie.....	56
Abbildung 31: Produktionsprozesse und Optionen zur THG-Minderung für die wichtigsten Basischemikalien.....	59
Abbildung 32: Prozentualer Anteil verschiedener THG-Minderungsoptionen für eine emissionsfreie chemische Industrie in 2050.....	59
Abbildung 33: Nötiger Technologiemix für eine THG-emissionsfreie chemische Industrie in verschiedenen Szenarien in 2050.....	60
Abbildung 34: Heizkonzepte der Demonstrationsanlage eines elektrisch beheizten Steamcracker-Ofens der BASF.....	61
Abbildung 35: Prozess zur Herstellung klimaneutralen Methanols durch Project Air.....	61
Abbildung 36: Weltweiter Papier- und Kartonagenmarkt in Millionen Tonnen 1992-2018 (CAGR: Jährliche Wachstumsrate).....	63
Abbildung 37: Die zehn größten Erzeugerländer von Papier, Karton und Pappe in 2020.....	64
Abbildung 38: Entwicklung der Papierproduktion und des -verbrauchs nach Weltregion bis 2025.....	65
Abbildung 39: Weltweite Nachfrage nach Papier- und Pappe nach Region.....	65
Abbildung 40: Treibhausgasintensität der Zellstoff- und Papierindustrie in verschiedenen Regionen und Jahren.....	66
Abbildung 41: Anteilige Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus der Papierherstellung.....	68
Abbildung 42: Prozesse in der Papier- und Zellstoffproduktion.....	69
Abbildung 43: Prozessdiagramm verschiedener Verfahren der Papierherstellung.....	69
Abbildung 44: Durchschnittlicher Energieverbrauch in GJ/Tonne für Herstellungsprozesse für Zellstoff und Papier.....	72
Abbildung 45: THG-Emissionsquellen von Zellstoff und Papier über den Lebenszyklus.....	74
Abbildung 46: Zellstoffherstellungsanlage mit geschlossenem chemischen Kreislauf.....	76
Abbildung 47: Optionen zur THG-Minderung und Dekarbonisierung über den Lebenszyklus von Zellstoff und Papier.....	77
Abbildung 48: Technische und operationelle Maßnahmen zur Erhöhung der Prozess- und Energieeffizienz und der Einsparung von THG in der Zellstoff- und Papierproduktion.....	77
Abbildung 49: Verwendete Energieträger in der Zellstoff- und Papierindustrie in verschiedenen Weltregionen.....	78
Abbildung 50: Energie- und Materialströme in einer Bioraffinerie.....	81
Abbildung 51: Emissionsreduktionspfad in der europäischen Zellstoff- und Papierindustrie.....	83
Abbildung 52: Produktionslinie 8 der Papierfabrik in Kehl.....	85
Abbildung 53: Anaerobreaktor der Papierfabrik Julius Schulte Trebsen.....	86
Abbildung 54: Papierverbrauch pro Einwohner in verschiedenen Weltregionen 2016.....	86
Abbildung 55: Das soziotechnische System der Zellstoff- und Papierindustrie.....	87
Abbildung 56: Die globalen CO ₂ -Emissionen aus den Verkehrssektor.....	96

Abbildung 57: Fahrleistung diverser Transportmittel in (km-Passagier/kWh).....	97
Abbildung 58: Energieintensität des Personen- und Güterverkehrs (8 EU-Länder).....	98
Abbildung 59: Emissionsintensität verschiedener Energieträger im Transportsektor. Emissionsintensität vom Strom von EU 27 in 2021 war 270 gCO ₂ /kWh.....	100
Abbildung 60: Emissionseigenschaften diverser Treibstoffe im Straßenverkehr.	102
Abbildung 61: Emissionen von E-Mopeds und E-Autos in verschiedenen Ländern beladen mit derzeitigem Strommix in dem entsprechenden Land.	104
Abbildung 62: Benzinpreis und Strompreis Vergleich verschiedener Länder.....	104
Abbildung 63: Kostenvergleich fürs Fahren von konventionellen Mopeds, Autos, E-Mopeds und E-Autos.....	105
Abbildung 64: Energieverbrauch von Transportarten aus dem Jahr 2017. Links Personenverkehr in TOE (Tonnen Öl equivalent) pro Millionen Personenkilometern, rechts Frachtverkehr in TOE po Millionen Tonnenkilometern; Quelle:.....	108
Abbildung 65: Well-to-Wheel-Emissionsintensitäten verschiedener Zugfahrtantriebe.....	108
Abbildung 66: Fahrleistung von Passagier- und Güterbahnverkehr in diversen Ländern.	109
Abbildung 67: Ausbau von Hochgeschwindigkeitsschienen in Europa und China (oben). Reduktion in Flugverkehr wegen des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsschienen in Europa und China (unten).....	110
Abbildung 68: Die Energieverbräuche als eine Funktion der Geschwindigkeit verschiedener Arten von Schiffen sind.	113
Abbildung 69: Mobilität als Serviceanbieter für diverse Fahrstrecken.....	117
Abbildung 70: Vergleich verschiedener Studien und eigener Berechnungen zum Primärenergieverbrauch.....	121
Abbildung 71: Anteil von Gebäuden und Bauwirtschaft am globalen Energieverbrauch (linkes Diagramm) und an den CO ₂ -Emissionen (rechtes Diagramm).	122
Abbildung 72: Globaler Energieverbrauch in den Jahren 2010 bis 2018 für Gebäude mit Aufteilung nach Energieträger.....	122
Abbildung 73: Aufteilung des Energieverbrauchs von Gebäuden (aufgeteilt nach Nutzung der Energie).....	123
Abbildung 74: Änderung der Energieintensität (Energieverbrauch pro Fläche).....	123
Abbildung 75: Verschiedene Faktoren, die das Anwachsen des Energieverbrauchs, in PJ dargestellt, limitieren können.....	124
Abbildung 76: Änderungen der Gebäudefläche, der Bevölkerungszahl, des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen.....	125
Abbildung 77: Energieverbrauch für die Raumheizung in Mehrfamilienhäusern in Deutschland nach Energieträgern in den Jahren 2005 bis 2015 in kWh/m ²	128
Abbildung 78: Magisches Dreieck der Wohnungswirtschaft, in Analogie zum magischen Viereck der staatlichen Wirtschaftspolitik – das gleichzeitige Erreichen der Ziele ist nur mit magischen Kräften zu schaffen.	128
Abbildung 79: „Energieleiter“ zeigt die Verwendung von verschiedenen Energieträgern in Abhängigkeit von der Höhe des Haushaltseinkommens.....	129
Abbildung 80: Sterberaten durch Luftverschmutzung in Innenräumen in Abhängigkeit vom GDP (Gross Domestic Product).	131
Abbildung 81: Aufteilung des Energieverbrauchs in europäischen Haushalten.....	131

Abbildung 82: Energiebedarf von Bürogebäuden.....	133
Abbildung 83: Energieanteile bei der Wärmeversorgung von Bürogebäuden.....	134
Abbildung 84: Wirkungsgrad, CO ₂ - und Staubemissionen von verschiedenen Heizungsanlagen;	136
Abbildung 85: Bestand der Wärmeerzeuger in Deutschland.....	138
Abbildung 86: Prozessdiagramm der Pyrolyse.....	139
Abbildung 87: Eingangs- und Ausgangsgrößen einer Plasmalyse-Anlage von Graforce.	140
Abbildung 88: Layout einer 0,5 MW Plasmalyse-Anlage.....	140
Abbildung 89: Entwicklung der Gebäudeeffizienz, Neubau-Anforderungen.....	143
Abbildung 90: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland.	146

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung wichtiger Zahlen der globalen Stahlindustrie.	28
Tabelle 2: Energie- und emissionsbedingte Parameter der Zementproduktion.	37
Tabelle 3: Verwendung alternativer Brennstoffe in der Zementproduktion nach Region.	41
Tabelle 4: Schätzung des zukünftigen Papierverbrauchs weltweit.....	64
Tabelle 5: Energie- und emissionsbedingte Parameter der Zellstoff- und Papierherstellung.....	67
Tabelle 6: Spezifischer Strom- und Wärmeverbrauch verschiedener Herstellungsprozesse und - schritte für Zellstoff und Papier.....	73
Tabelle 7: Liste der Low-Carbon industriemaßstaben Stahlprojekte.....	89
Tabelle 8: Liste der Pilotprojekte im Bereich von Low-Carbon Stahlproduktion.....	89
Tabelle 9: Liste der Demoprojekte im Bereich von Low-Carbon-Stahlproduktion.....	90
Tabelle 10: Thermochemische Eigenschaften verschiedener Treibstoffe in Straßenverkehr.	101
Tabelle 11: Primärenergie, Wasser- und Kohlendioxide-Bedarf zur Synthese verschiedener E- Fuels.....	106
Tabelle 12: Fahrleistung verschiedener Flugzeugtypen für eine 9166 km Flugreise zwischen Hongkong und Frankfurt.....	111
Tabelle 13: Dichte, gravimetrische und volumetrische Energiedichte verschiedener Flugtreibstoffe.	112
Tabelle 14: Treibhausgasemissionen von Schifffahrtstreibstoffen.	113
Tabelle 15: Strom, Wasser & CO ₂ -Bedarf zur Synthese verschiedener E-Fuels für die Schifffahrtindustrie.....	114
Tabelle 16: Beheizungsstruktur der GdW-Unternehmen.....	127
Tabelle 17: Energieverbrauch privater Haushalte nach Energieträger und Anwendungsbereichen.	132
Tabelle 18: Wirkungsgrad, CO ₂ - und Staubemissionen von verschiedenen Heizungsanlagen; verschiedene Quellen.....	136
Tabelle 19: Einige Kenngrößen einer Holzschnitzel-Pyrolyse-Anlage.	139

Literaturverzeichnis

- A.SPIRE (2021). Processes4Planet Roadmap Update. Brüssel. https://www.aspire2050.eu/sites/default/files/pressoffice/publication/processes4planet_2050_roadmap_jan2021.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- AA Energy <https://www.aa.com.tr/en/energy/electricity/households-account-for-272-in-eu-energy-consumption/25827>, aufgerufen 01.04.2023
- Accenture and NexantECA (2022). The chemical industry's road to net zero. <https://www.accenture.com/us-en/insights/chemicals/eu-green-deal>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Air Transport Action Group (2020). Facts & Figures. [https://www.atag.org/facts-figures.html#:~:text=The%20global%20aviation%20industry%20produces,carbon%20dioxide%20\(CO2\)%20emissions.&text=Aviation%20is%20responsible%20for%2012,to%2074%25%20from%20road%20transport](https://www.atag.org/facts-figures.html#:~:text=The%20global%20aviation%20industry%20produces,carbon%20dioxide%20(CO2)%20emissions.&text=Aviation%20is%20responsible%20for%2012,to%2074%25%20from%20road%20transport). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Airseas (2022). Webseite airseas. <https://www.airseas.com/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- American Forest & Paper Association (2014). 2014 AF&PA Sustainability Report Washington DC. https://www.responsibilityreports.com/HostedData/ResponsibilityReportArchive/a/american-forest-paper-association_2014.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- American Forest & Paper Association (2021). 2020 AF&PA SUSTAINABILITY REPORT Washington DC. https://www.afandpa.org/sites/default/files/2021-07/2020_AF-PA-Sustainability-Report.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Andritz (2022). Carbon Capture for shipping solutions from Andritz (3rd Decarbonizing Shipping Forum). Hamburg.
- Argonne National Laboratory, GREET WTW Calculator (2021). Well-to-Wheel Emissions for Various Fuels and Vehicle Technologies. <https://greet.es.anl.gov/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Ariadne Projekt (2021). Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. <https://ariadneprojekt.de/news/big5-szenarienvergleich/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- ARK Invest (2017). China's Booming Autonomous Car Opportunity. <https://ark-invest.com/articles/analyst-research/chinese-mobility-as-a-service/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Baboo, P. (2015). AMMONIA & UREA PLANT ENERGY CONSUMPTION CALCULATION. https://www.researchgate.net/publication/283619940_AMMONIA_UREA_PLANT_ENERGY_CONSUMPTION_CALCULATION. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bane, S. (2022). Unsere Welt in Daten, Primärenergieverbrauch. 16.
- BASF (2022). Neue Technologien. <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/we-produce-safely-and-efficiently/energy-and-climate-protection/carbon-management/innovations-for-a-climate-friendly-chemical-production.html#text-1626024607>. Zugegriffen: 17.12.2022.
- BCG (2022). Riding the Rails to Sustainability. <https://www.bcg.com/de-de/publications/2022/riding-the-rails-to-the-future-of-sustainability>. Zugegriffen: 03.03.2023
- BDEW (2021) Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft https://www.bdew.de/media/images/Wohnungsbestand_Beheizungsstruktur_Entw_ab_1995.original.jpg
- Bee Smart City (o. J.). Unsere Mission und unser Team. <https://www.beesmart.city/de/mission-und-team>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Berg, P., & Lingqvist, O. (2019). Pulp, paper, and packaging in the next decade: Transformational change: McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/pulp-paper-and-packaging-in-the-next-decade-transformational-change>. Zugegriffen: 18.10.2022.

- Besuche Dubai (o. J.). Windtürme. <https://www.besuche-dubai.de/reiseinformationen/windtuerme-fruehere-klimaanlage-in-den-emiraten/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bloomberg (2021). Airlines Rush Toward Sustainable Fuel But Supplies Are Limited. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-10/airlines-rush-toward-sustainable-fuel-but-supplies-are-limited#xj4y7vzkg>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BMVBS (2013): Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude – Erfassung und Quantifizierung von Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenzialen, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2013, Berlin.
- BNEF (2020). Oil Demand From Road Transport: Covid-19 and Beyond. <https://about.bnef.com/blog/oil-demand-from-road-transport-covid-19-and-beyond/#:~:text=Road%20transport%20consumed%20more%20than,be%20more%20growth%20to%20come>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Borenstein, S. (2022). Cement carbon dioxide emissions quietly double in 20 years. <https://ap-news.com/article/climate-science-china-pollution-3d97642acbb07fca7540edca38448266>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- BP (2021). Statistical Review of World Energy 2021. <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/bp-statistical-review-of-world-energy-2021-a-dramatic-impact-on-energy-markets.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BP (2022). Statistical Review of World Energy 2022. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Burzlaff, M. (2017). Aircraft Fuel Consumption – Estimation and Visualisation. <http://dx.doi.org/10.15488/2553>.
- Cable (2022). The price of electricity per KWh in 230 countries. <https://www.cable.co.uk/energy/worldwide-pricing/>. Zugegriffen: 03.03.2023
- Cai, T., Sun, H., Qiao, J., et al. (2021). Cell-free chemoenzymatic starch synthesis from carbon dioxide. *Science*, 373(6562), 1523–1527. <https://doi.org/10.1126/science.abh4049>.
- CarbonBrief (2018). Q&A: Why cement emissions matter for climate change. <https://www.carbonbrief.org/qa-why-cement-emissions-matter-for-climate-change/>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- CarbonBrief (2019) Eight charts show how ‘aggressive’ railway expansion could cut emissions, <https://www.carbonbrief.org/eight-charts-show-how-aggressive-railway-expansion-could-cut-emissions/> , Zugegriffen am 25.05.2023
- CCS Institute (2021). Technology readiness and costs of CCS. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/technology-readiness-and-costs-of-ccs/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Celitement (2022). Herstellung. <https://celitement.de/das-produkt/idee-prinzip/>. Zugegriffen: 15.10.2022.
- Cepi (2011). The Forest Fibre Industry 2050 Roadmap to a low-carbon bio-economy. https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2020/08/2050_roadmap_final.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Cepi (2017). Investing in Europe for Industry Transformation. <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2020/11/Roadmap-2050-Final-2017.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Cepi (2020). Pulp and Paper Industry (PPI) – carbon emission graphs. <https://www.cepi.org/ppi-carbon-emission-graphs/>. Zugegriffen: 18.10.2022.
- Cepi (2021a). A Cepi study on Pulp and Paper Industry biorefineries in Europe.
- Cepi (2021b). Energy Solutions Forum’s objectives and challenges. <https://www.cepi.org/energy-solutions-forums-objectives-and-challenges/>. Zugegriffen: 24.10.2022.

- Cepi (2022). Key statistics 2021: European pulp & paper industry. <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2022/07/Key-Statistics-2021-Final.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Chevron (2017). Aviation Fuels – Technical Review.
- Clean Energy Transition Institute (2022). Pulp and Paper Industrial Emissions and Decarbonization Strategies. <https://www.cleanenergytransition.org/search?query=paper>. Zugegriffen: 22.10.2022.
- CNG-Europe (2017). Mercedes-Benz Natural Gas Drive.
- Cozzi, L., & Petropoulos, A. (2021). Growing preference for SUVs challenges emissions reductions in passenger car market. <https://www.iea.org/commentaries/growing-preference-for-suvs-challenges-emissions-reductions-in-passenger-car-market>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- CSB Insights (2021). The Micromobility Revolution: How Bikes And Scooters Are Shaking Up Urban Transport Worldwide. <https://www.cbinsights.com/research/report/micromobility-revolution/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Danwatch (2019). How much water is used to make the world's batteries? <https://danwatch.dk/en/undersogelse/how-much-water-is-used-to-make-the-worlds-batteries/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- DENA (2017). Büroimmobilien. Energetischer Zustand und Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9196_Bueroimmobilien_Energetischer_Zustand_Anreize_Steigerung_Energieeffizienz.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Die Papierindustrie e.V. (2022). Papier: 2022 – Ein Leistungsbericht: Die Papierindustrie e.V.
- DLR (2020). CO₂-freie Wasserstoffkraftwerke – Forschung und Industrie treiben Marktreife voran. https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201221_technologie-fuer-die-energie-wende-co2-freie-wasserstoffkraftwerke.html. Zugegriffen: 26.07.2022.
- DownToEarth (2019). Indian urea plants comparable to the best worldwide: Study. <https://www.downtoearth.org.in/news/energy-effic%20Indian%20urea%20plants%20comparable%20to%20the%20best%20worldwide:%20Studyency/indian-urea-plants-comparable-to-the-best-worldwide-study-64904>. Zugegriffen: 06.12.2022.
- Duan, Z., Mei, N., Feng L., et al. (2021). Research on Hydrogen Consumption and Driving Range of Fuel Cell Vehicles under the CLTC-P Condition. *World Electr. Veh. J.*, 13(1), 9. <https://doi.org/10.3390/wevj13010009>
- Earth.Org (2022). 4 Sustainable Aviation Fuel Companies Leading the Way to Net-Zero Flying. <https://earth.org/sustainable-aviation-fuel-companies/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Ecofys and Cembureau (2016). Market opportunities for use of alternative fuels in cement plants across the EU. https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Ecofys_Report_Market_Opportunities_Coprocessing_20160501.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Effizienzhaus Online (o. J.). CO₂-Vergleich. <https://www.effizienzhaus-online.de/heizung-energie-traeger-und-klimabilanz/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Enercast (2013). BESOS bei der Konferenz der Europäischen Partnerschaft für Innovation. <https://www.enercast.de/de/magazine/besos-bei-der-konferenz-der-europaeischen-partnerschaft-fuer-innovation-zur-einfuehrung-von-smart-cities-und-smart-communities-bruessel/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- EPA (2022). GHGRP Pulp and Paper. <https://www.epa.gov/ghgreporting/ghgrp-pulp-and-paper>. Zugegriffen: 18.10.2022.
- EPN (2018). The state of the global paper industry. https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2018/04/StateOfTheGlobalPaperIndustry2018_FullReport-Final-1.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.

- Eryazici, I., Ramesh, N., & Villa, C. (2021). Electrification of the chemical industry – materials innovations for a lower carbon future. *MRS Bulletin*, 46, 1197–1204. <https://doi.org/10.1557/s43577-021-00243-9>. Zugegriffen: 23.05.2023
- EU Commission (2022). New mobility services drive healthier cities. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/newsroom/panorama/2022/01/01-12-2022-new-mobility-services-drive-healthier-cities. Zugegriffen: 03.03.2023.
- European Environment Agency (2020). Energy intensity of passenger and freight transport (8 EU countries). <https://www.eea.europa.eu/publications/ENVISSUENo12/page027.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- European Environmental Paper Network (2013). 'Paper Vapour' – the climate impact of paper consumption. Brüssel. <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2017/08/paper-vapour-discussion-paper-c.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Fisher International (2022). Could the Pulp and Paper Industry Play a Role in Producing Bio-Products? <https://www.fisheri.com/blog/could-the-pulp-and-paper-industry-play-a-role-in-producing-bio-products>. Zugegriffen: 23.10.2022.
- Forbes (2020). Just How Polluting Is Your SUV? This New Campaign Might Shock You. <https://www.forbes.com/sites/davidrvetter/2020/08/04/just-how-polluting-is-your-suv-this-new-campaign-might-shock-you/?sh=786e94bd2b13>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Fransson, E., & Detert, M. (2014). Process integration of CO₂ capture by means of calcium looping technology. Gothenburg: Chalmers University of Technology.
- Fraunhofer ISE (2022). LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden. http://www.lowex-bestand.de/wp-content/uploads/2022/10/Abschlussbericht_LiB.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Furszyfer Del Rio, D. D., Sovacool, B. K., Griffiths, S., et al. (2022). Decarbonizing the pulp and paper industry: A critical and systematic review of sociotechnical developments and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112706>.
- Global CCS Institute (2016). Understanding industrial CCS hubs and clusters. <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/08/Understanding-Industrial-CCS-hubs-and-clusters.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Cement and Concrete Association (2021). Concrete Future: The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete.
- Global Infrastructure Emission Database (2021). GID-Cement. http://gid-model.org.cn/?page_id=27. Zugegriffen: 10.10.2022.
- GlobeNewswire (2022). Global Electric Scooter and Motorcycle Market Analysis Report 2022. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/01/18/2590796/28124/en/China-Electric-Two-wheelers-Export-Report-2022-In-2021-China-Exported-22-875-Million-Electric-Two-wheelers-up-27-5-y-o-y-and-Exported-5-28-Billion-up-50-7-y-o-y-Outlook-to-2032.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Gonzalez-Garay, A., Mac Dowell, N., & Shah, N. (2021). A carbon neutral chemical industry powered by the sun. *Discov Chem Eng*, 1(2). <https://doi.org/10.1007/s43938-021-00002-x>.
- Graforce (o. J. a). Methane Plasmalysis. https://www.graforce.com/images/pdfs/Methan-Plasmalyse_EN_V3.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Graforce (o. J. b). Webseite Graforce. www.graforce.com. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Green Innovations GmbH (o. J.). Pyrolyse. <https://green-innovations-gmbh.de/pyrolyse/>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- Gustafsson, M., Svensson, N., Eklund, M., et al. (2021). Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of Electricity Carbon Intensity. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102757>.
- Hägglom, R. (2018). Global Paper Industry Dynamics, M&A Trends and Opportunities for Chinese Companies. *Vision Hunters*. <https://visionhunters.com/wp-content/uploads/2019/01/Vision-Hunters-Key-Highlights-of-Global-Paper-Industry-Dynamics-November-2018.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Handelsblatt (2022). Salzgitter-Aufseher genehmigen Fahrplan für CO₂-arme Stahlproduktion. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/stahlhersteller-salzgitter-aufseher-genehmigen-fahrplan-fuer-co2-arme-stahlproduktion/28504584.html>. Zugegriffen: 26.07.2022.
- HeidelbergCement (2022). Forschungsprojekt setzt auf polysius® pure oxyfuel Technology für die CO₂-Abscheidung in der Zementproduktion. <https://www.heidelbergcement.de/de/presse/2022-06-08>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- Heidenheimer Zeitung (2022). Schwenk will jährlich 50.000 Tonnen Kerosin in Mergelstetten herstellen. <https://www.hz.de/meinort/heidenheim/eine-million-foerdergeld-vom-land-schwenk-plant-zweite-versuchsanlage-in-mergelstetten-62769911.html>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- Henley & Partners (2022). The Henley Passport Index. <https://www.henleyglobal.com/passport-index/ranking>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Holzbauzentrum Nord – HBZ (o. J.). Preisanstieg und Verfügbarkeit von Holz. <https://hbz-nord.de/aktuelles/preisanstieg-und-verfuegbarkeit-von-holz-und-holzprodukten/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- HYDROGEN, & FUEL CELLS (2019). Hydrogen Roadmap Europe. https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Hydrogen Council, & McKinsey (2021a). HYDROGEN FOR NET ZERO. November. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-for-Net-Zero.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Hydrogen Council, & McKinsey (2021b). Hydrogen Insights. Februar. <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- ICCT & CCAC (2019). A Global Snapshot of the Airpollution-related Health Impacts of Transportation Sector Emissions in 2010 & 2015. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Global_health_impacts_transport_emissions_2010-2015_20190226.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2009). Energy Technology Transitions for Industry. https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-technology-transitions-for-industry_9789264068612-en. Zugegriffen: 18.10.2022.
- IEA (2018) Cement Sustainability Initiative. Technology Roadmap – Low-Carbon Transition in the Cement Industry. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cbaa3da1-fd61-4c2a-8719-31538f59b54f/TechnologyRoadmapLowCarbonTransitionintheCementIndustry.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2019). Global Status Report for Buildings and Construction. Oktober. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-projects-database>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2019a) The Future of Rail, https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The_Future_of_Rail.pdf, zugegriffen am 25.05.2023
- IEA (2020). Long-Distance Transportation. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020/long-distance-transport>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021). Rail. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/rail>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021a). Coal 2021. <https://www.iea.org/reports/coal-2021>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- IEA (2021b). Global Energy Review 2021. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021c). Methane and climate change. <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2021/methane-and-climate-change>. Zugegriffen: 26.07.2022.
- IEA (2022). Oil Market Report – June 2022. <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-june-2022>. Zugegriffen: 26.07.2022.
- IEA (2022a). Cement: tracking report. <https://www.iea.org/reports/cement>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- IEA (2022b). Pulp and Paper. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/pulp-paper>. Zugegriffen: 03.11.2022.
- IFC (2014). Waste Heat Recovery for the Cement Sector?: Market and Supplier Analysis: IFC. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/publications/report_waste_heat_recovery_for_the_cement_sector_market_and_supplier_analysis. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Immowelt (o. J.). Energieausweis richtig lesen. <https://ratgeber.immowelt.de/a/energieausweis-richtig-lesen-so-gehts.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Institute for Industrial Productivity (2013). Pulp and Paper. <http://www.iipinetwork.org/wp-content/letd/content/pulp-and-paper.html#technology-resources>. Zugegriffen: 24.10.2022.
- International Energy Agency (2022). Africa Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2022>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IPCC (2022). IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf. Zugegriffen: 15.07.2022.
- IQAir (2022). Air quality and pollution city ranking. <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- ISPT (2022). Deep Eutectic Solvents. <https://ispt.eu/programs/deep-eutectic-solvents/>. Zugegriffen: 24.10.2022.
- Johnston, C. M. T., & Radeloff, V. C. (2019). Global mitigation potential of carbon stored in harvested wood products. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(29), 14526–14531. <https://doi.org/10.1073/pnas.1904231111>.
- KIT (2022). Kreislaufwirtschaft für Zement. <https://www.kit-technology.de/de/technologieangebote/details/672>. Zugegriffen: 15.10.2022.
- Kuparinen, K., Vakkilainen, E., & Tynjälä (2019). Biomass-based carbon capture and utilization in kraft pulp mills. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24, 1213–1230. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9833-9>.
- Lehne, J., & Preston, F. (2018) *Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete*. Chatham House.
- Luckeneder, S. et. al. (2021) [https://pure.unileoben.ac.at/portal/de/publications/surge-in-global-metal-mining-threatens-vulnerable-ecosystems\(4c55a0cd-bce0-4e43-9b33-1d33960bc200\).html](https://pure.unileoben.ac.at/portal/de/publications/surge-in-global-metal-mining-threatens-vulnerable-ecosystems(4c55a0cd-bce0-4e43-9b33-1d33960bc200).html). Zugegriffen am 04.04.23.
- LVZ (2018). Reaktor sorgt in Trebsener Fabrik für grünes Gas und sauberes Wasser. <https://www.lvz.de/lokales/leipzig-ik/grimma/reaktor-sorgt-in-trebsener-fabrik-fuer-gruenes-gas-und-sauberes-wasser-G5BUULA524RB3MYGH5F2ZILDXA.html>. Zugegriffen: 08.11.2022.
- Madhu, K., Pauliuk, S., Dhathri, S., et al. (2021). Understanding environmental trade-offs and resource demand of direct air capture technologies through comparative life-cycle assessment. *Nat Energy*, 6, 1035–1044. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00922-6>.

- Maersk (2022). A.P. Moller – Maersk and SunGas Renewables sign strategic green methanol partnership. <https://www.maersk.com/news/articles/2022/12/15/maersk-and-sungas-renewables-sign-strategic-green-methanol-partnership>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Majcher, K. (2015). Webseite Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2015/03/19/73210/what-happened-to-green-concrete/>. Zugegriffen: 15.10.2022.
- Mallapragada, D., Dvorkin, Y., Modestino, M., et al. (2022). Decarbonization of the Chemical Industry through Electrification: Barriers and Opportunities. ChemRxiv. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2022-00gls>.
- Mayer, E., & Conrad, W. (1995). Thermische Behaglichkeit in Räumen mit Deckenkühlung und Quelllüftung. IBP Mitteilung, 22. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/af1264e3-df04-4a88-8a33-13b157fe5714/fullmeta>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- McKinsey (2020). Laying the foundation for zero-carbon cement. <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/laying-the-foundation-for-zero-carbon-cement>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- McKinsey&Company (2018). Decarbonization of industrial sectors: the next frontier. <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Mellwig, P. (2022). Energienachfrage Gebäudesektor. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Dena-Webinar (17.11.2022).
- Menegat, S., Ledo, A., & Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. Scientific Reports, 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18773-w>.
- Meyer, R. (2022). The World Is Turning Back to Coal. The Atlantic. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2022/07/us-carbon-emissions-russian-invasion/661493/>. Zugegriffen: 07.07.2022.
- Mobarakeh, M. R., Silva, M. S. & Kienberger, T. (2021). Pulp and Paper Industry: Decarbonisation Technology Assessment to Reach CO2 Neutral Emissions – An Austrian Case Study. Energies, 14(4). <https://doi.org/10.3390/en14041161>.
- Moya, J. A. & Pavel, C. C. (2018). Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the pulp and paper industry: European Commission, JRC. file:///C:/Users/Julia/Downloads/energy%20efficiency%20and%20ghg%20emissions-KJNA29280ENN.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Naturstrom (o. J.). Die Zukunft für Gebäude und Quartiere. <https://www.naturstrom.de/immobilienwirtschaft>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Navigant, IER, Ffe, BBG und Partner (2019). Energiewende in der Industrie: Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor.
- Ochre Media (2022). Pulp and Paper Manufacturing Process in the paper industry. <https://www.pulpandpaper-technology.com/articles/pulp-and-paper-manufacturing-process-in-the-paper-industry>. Zugegriffen: 22.10.2022.
- Our World in Data (2019) <https://ourworldindata.org/grapher/death-rates-from-indoor-air-pollution-vs-gdp-per-capita>
- Our World in Data (2020). Transport Emissions. <https://ourworldindata.org/transport#:~:text=Transport%20therefore%20accounted%20for%207.9,%25%20of%20energy%2Drelated%20emissions>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data (2021). Global direct primary energy consumption. https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy?country=~OWID_WRL. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data (2022) <https://ourworldindata.org/energy-ladder>

- OXFAM International (2021). Not all gaps are created equal: the true value of care work. <https://www.oxfam.org/en/not-all-gaps-are-created-equal-true-value-care-work>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Packaging Europe (2021). Decarbonizing the paper industry. <https://packagingeurope.com/decarbonizing-the-paper-industry/392.article>. Zugegriffen: 24.10.2022.
- Paper First (2020). Smurfit Kappa Saillat France will produce paper with the world's first industrial-scale hydrogen turbine. <https://www.paperfirst.info/smurfit-kappa-saillat-france-will-produce-paper-with-the-worlds-first-industrial-scale-hydrogen-turbine/>. Zugegriffen: 08.11.2022.
- Perstorp (2022). Project Air. https://www.perstorp.com/en/about/sustainability/enable/project_air. Zugegriffen: 17.12.2022.
- Peters, R., Wegener, N., Samsun, R. C. et al. (2022). A Techno-Economic Assessment of Fischer-Tropsch Fuels Based on Syngas from Co-Electrolysis. *Processes*, 10(4), 699. <https://doi.org/10.3390/pr10040699>
- Plaza, M. G., Martinez, S., & Rubiera, F. (2020). CO₂ Capture, Use, and Storage in the Cement Industry: State of the Art and Expectations. *Energies*, 13(21), 5692. <https://doi.org/10.3390/en13215692>.
- Preisen. Fraunhofer ISI. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/202beff6-8ef4-41c8-8a38-dfce82df7180/details>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Prognos (2020). Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/transformationspfade-fuer-strombasierte-energietraeger.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Project Air (2022). Chemistry for climate neutrality. <https://projectair.se/>. Zugegriffen: 11.11.2022.
- PtX Hub (2022): PtX Sustainability: PtX Hub. <https://ptx-hub.org/ptx-sustainability/>. Zugegriffen: 26.07.2022.
- Pulp and Paper Canada (2022). Voith and Koehler Paper to partner on developing decarbonizing solutions. <https://www.pulpandpapercanada.com/voith-and-koehler-paper-to-partner-on-developing-decarbonizing-solutions/>. Zugegriffen: 08.11.2022.
- Ramboll (2021). Gender and (Smart) Mobility. https://ramboll.com/-/media/files/rgr/documents/markets/transport/g/gender-and-mobility_report.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Ritchie, H. & Roser, M. (2014). Indoor Air Pollution. <https://ourworldindata.org/indoor-air-pollution>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Rose, M. (2022). Green cement could change the construction game – but will builders actually use it? <https://www.popsci.com/environment/green-cement-sustainable/>. Zugegriffen: 15.10.2022.
- S&P Global (2022). Urea Fertilizer Market and Price Analysis. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/fertilizers-urea.html>. Zugegriffen: 06.12.2022.
- Saygin, D. & Gielen, D. (2021). Zero-Emission Pathway for the Global Chemical and Petrochemical Sector. *Energies*, 14(3772). <https://doi.org/10.3390/en14133772>.
- Schiffer, Z. J. & Manthiram, K. (2017). Electrification and Decarbonization of the Chemical Industry. *Joule*, 1(1), 10–14. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.07.008>.
- Schuldyakov, K. V., Kramar, L. Y., & Trofimov, B.Y. (2016). The Properties of Slag Cement and its Influence on the Structure of the Hardened Cement Paste. *Procedia Engineering*, 150, 1433–1439. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.202>.
- Sewald, N., Kott, K., Maier, L., et al. (2021). Energieverbrauch privater Haushalte. <https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/datenreport-2021/umwelt-energie-und-mobilitaet/330316/energieverbrauch-privater-haushalte/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Solidia (2022). Solidia Solutions. <https://www.solidiatech.com/>. Zugegriffen: 15.10.2022.

- Statista (2021). Total fuel consumption of commercial airlines worldwide between 2005 and 2022. <https://www.statista.com/statistics/655057/fuel-consumption-of-airlines-worldwide/#:~:text=The%20global%20fuel%20consumption%20by,57%20billion%20gallons%20in%202021>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Statista (2022). Paper consumption worldwide from 2021 to 2032*. <https://www.statista.com/statistics/1089078/demand-paper-globally-until-2030/>. Zugegriffen: 18.10.2022.
- Statista (2023a). CO₂-Ausstoß nach Heizsystem. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/165421/umfrage/co2-ausstoss-nach-heizsystem-in-deutschland/>. Zugegriffen: 03.03.2023
- Statista (2023b) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/585256/umfrage/energieverbrauch-fuer-die-raumheizung-nach-energetraeger-in-deutschland/?locale=de>. Zugegriffen 01.04.2023
- Statisticstimes (2022). Countries by Petrol Prices. <https://statisticstimes.com/economy/countries-by-petrol-prices-and-gdp-per-capita.php>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Süddeutsche Zeitung – SZ (2021). Heizen international. <https://www.sueddeutsche.de/panorama/heizung-energie-heizen-vergleich-international-1.5468654>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Sun, M., Wang, Y., Shi, L. et al. (2018). Uncovering energy use, carbon emissions and environmental burdens of pulp and paper industry: A systematic review and meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 823–833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.036>.
- SWR (2022). Land fördert Studie zur Kerosinherstellung aus CO₂. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/kerosin-abgase-heidenheim-100.html>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- Synreform (o. J.). Schmutzwasser Plasmalyse. <https://www.synreform.com/produkte/schmutzwasser-plasmalyzer>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Tagliapietra, S. (2020). *Global Energy Fundamentals: Economics, Politics, and Technology*, 1. Aufl. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108861595>.
- Thermondo (o. J.). Wirkungsgrad der Heizung. <https://www.thermondo.de/info/rat/vergleich/wirkungsgrad-der-heizung/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Top Gear (2017). Here's why having too much methanol in your fuel is bad. <https://www.topgear.com.ph/features/feature-articles/here-s-why-having-too-much-methanol-in-your-fuel-is-bad-a36-20161221>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Transport & Environment (2021). Magic Green Fuels. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/11/2021_12_TE_e-fuels_cars_pollution.pdf. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Truecostblog (2021). Fuel Efficiency: Modes of Transportation Ranked By MPG. <https://truecostblog.com/2010/05/27/fuel-efficiency-modes-of-transportation-ranked-by-mpg/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Umweltbundesamt (2017): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-22_climate-change_23-2018_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2017_fin.pdf
- Umweltbundesamt (2020). Die Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>. Zugegriffen: 26.07.2022.
- Umweltbundesamt (2022). Wasserstoff – Schlüssel im künftigen Energiesystem. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluessel-im-kuenftigen-energiesystem#Gebäude>. Zugegriffen: 22.07.2022.
- UNEP (2019). *Global Chemicals Outlook II*. <https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- University of Michigan (2022). Personal Transportation Factsheet. <https://css.umich.edu/publications/factsheets/mobility/personal-transportation-factsheet>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- University of Tokyo, Center for Global Commons and Systemiq (2022). Planet Positive Chemicals: Pathways for the chemical industry to enable a sustainable global economy.
- US Department of Energy (2020). Alternative Fuels Data Center (AFDC). <https://afdc.energy.gov/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- van Ewijk, S., Stegemann, J. A. & Ekins, P. (2021). Limited climate benefits of global recycling of pulp and paper. *Nature Sustainability*, 4, 180–187. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00624-z>.
- VDZ (2022). Klimaschutz. <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/klimaschutz>. Zugegriffen: 10.10.2022.
- Verbraucherzentrale (2022). Was steht im GEG? <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/energetische-sanierung/geg-was-steht-im-gebaeudeenergiegesetz-13886>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Visual Capitalist (2022). Visualizing China's Dominance in Clean Energy Metals. <https://www.visualcapitalist.com/chinas-dominance-in-clean-energy-metals/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- von Knorring, H.-J., Karlsson, R., Bännstrand, M. et al. (2016). Study on the optimization of energy consumption as part of implementation of a ship energy efficiency management plan. International Maritime Organisation. <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/4.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Vooradi, R., Anne, S. B., Tula, A. et al. (2019). Energy and CO₂ management for chemical and related industries: issues, opportunities and challenges. *BMC Chemical Engineering*, 1. <https://doi.org/10.1186/s42480-019-0008-6>.
- WEF and Accenture (2022). Towards a Net-Zero Chemical Industry: A Global Policy Landscape for Low-Carbon Emitting Technologies.
- WSP, Parsons Brinckerhoff and DNV GL (2015). Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050: Pulp and Paper.
- WWF (2022). Pulp and Paper. <https://www.worldwildlife.org/industries/pulp-and-paper>. Zugegriffen: 18.10.2022.
- Xanders, M. (2019). The Earthly Impacts of Extracting Lithium. Tahlahesse Community College.
- Yahoo Finance (2023). Electric Scooter Market, Size, Global Forecast 2023-2028, Industry Trends, Growth, Impact of Inflation, Opportunity Company Analysis. <https://finance.yahoo.com/news/electric-scooter-market-size-global-115600332.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Zajac, M., Skocek, J., Ben Haha, M. et al. (2022). CO₂ Mineralization Methods in Cement and Concrete Industry. *Energies*, 15. <https://doi.org/10.3390/en15103597>.
- Zarco-Periñan, P. J., Zarco-Soto, F., J., Zarco-Soto, I. M., et al. (2022). CO₂ emissions in Buildings: A Synopsis of Current Studies, *Energies*, 15(18), 6635. <https://doi.org/10.3390/en15186635>.

Global Energy Solutions e.V. erarbeitet weltweite Lösungen und Geschäftsmodelle zu Energie-, Klima- und Entwicklungsfragen. Unser Ziel ist ein klimaneutrales Energiesystem – mit folgenden Elementen: grüner Strom, grüner Wasserstoff, biologisches sowie technisches CO₂-Recycling, klimaneutrale Energieträger und Treibstoffe – darunter Methanol. Bei der Produktion wird CO₂ materiell genutzt und so zu einem interessanten Wirtschaftsgut. Zusammen mit Industrie- und Wissenschaftspartnern entwickeln wir technische, unternehmerische und administrative Grundlagen für bedeutsame Investitionen in diesem Zukunftsfeld. Investitionen, die sich rechnen.

Kontakt:

Global Energy Solutions e. V., Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm
E-Mail: office@global-energy-solutions.org