



# Global Energy Perspectives

**gefördert aus Kapitel 2302, Titel 687 01**

**BMZ-Abschlussreport / Basisdokument**

**Global Energy Solutions e.V.**

**Teil 1: Grundelemente zur Vermeidung von Treibhausgasen und Herstellung klimaneutraler Energieträger  
(technischer Werkzeugkasten)**

**Stand 08. August 2023**

| <b>Autorenteam:</b>      |                   |
|--------------------------|-------------------|
| Siddhant Bane            | Joern Becker      |
| Ulrich Begemann          | Leon Berks        |
| Christof von Branconi    | Simon Göss        |
| Prof. Dr. Estelle Herlyn | Dr. Wilfried Lyhs |
| Dr. Tobias Orthen        | Dr. Ludolf Plass  |
| Dr. Hans-Peter Sollinger | 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)

## 0.2 Abkürzungsverzeichnis

|      |                                                                                                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABWR | Advanced Boiling Water Reactor                                                                                                        |
| AC   | Alternating Current, Wechselstrom                                                                                                     |
| ACC  | Annuited Capacity Costs: Kapazitätskosten auf jährlicher Basis                                                                        |
| AEL  | Alkalischer Elektrolyseur                                                                                                             |
| AEM  | Anion Exchange Membrane                                                                                                               |
| AGR  | Advanced Gas-Cooled Reactor                                                                                                           |
| ASU  | Air Separation Unit                                                                                                                   |
| ATR  | Autothermal Reforming                                                                                                                 |
| aUGP | Aggregiertes Umweltgefährdungspotenzial                                                                                               |
| BEV  | Batterieelektrisches Fahrzeug                                                                                                         |
| BFG  | Blast Furnace Gas                                                                                                                     |
| BGE  | Bundesgesellschaft für Endlagerung                                                                                                    |
| BGR  | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe                                                                                     |
| BGS  | British Geological Survey                                                                                                             |
| BIP  | Bruttoinlandsprodukt                                                                                                                  |
| BMZ  | Bundesministerium für internationale Zusammenarbeit                                                                                   |
| BNPP | Belarussian Power Plants                                                                                                              |
| BWR  | Boiling Water Reactor                                                                                                                 |
| CAES | Compressed Air Energy Storage (Druckluftspeicherung: Mit überschüssigem Strom wird Luft komprimiert, welche als Speichermedium dient) |
| CAGR | Compound Annual Growth Rate                                                                                                           |
| CBI  | Confederation of British Industry                                                                                                     |
| CCC  | Cryogenic Carbon Capture                                                                                                              |
| CCGT | Combined Cycle Gas Turbine                                                                                                            |
| CCS  | Carbon Capture and Storage                                                                                                            |
| CCU  | Carbon Capture and Usage                                                                                                              |
| CCUS | Carbon Capture and Usage and Storage                                                                                                  |
| CdTe | Cadmium-Tellurid                                                                                                                      |
| CFB  | Circulating Fluidized Bed                                                                                                             |
| CFL  | Compact Fluorescent Lamp ("Energiesparlampe")                                                                                         |
| CGN  | China General Nuclear                                                                                                                 |
| CHP  | Combined Heat and Power                                                                                                               |
| CLC  | Chemical Loop Combustion                                                                                                              |
| CNEA | Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina                                                                                       |
| CNNC | China National Nuclear Corporation                                                                                                    |
| CRM  | Critical Raw Materials, kritische Rohstoffe                                                                                           |
| CSP  | Concentrated Solar Power                                                                                                              |
| Ct   | Euro-Cent auch ¢                                                                                                                      |
| DAC  | Direct Air Capture                                                                                                                    |
| DBT  | Dibenzyltoluene                                                                                                                       |
| DDR  | Deutsche Demokratische Republik                                                                                                       |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DERA  | Deutsche Rohstoffagentur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| DFR   | Dual Fluid Reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| DoD   | Department of Defense der USA, Verteidigungsministerium                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| DoE   | Department of Energy der USA, Energieministerium                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| DRK   | Demokratische Republik Kongo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| DVGW  | Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| EDF   | Électricité de France SA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EEZ   | Exclusive Economic Zone: Eine exklusive Wirtschaftszone, wie sie im Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen von 1982 vorgeschrieben ist, ist ein Meeresgebiet, in dem ein souveräner Staat besondere Rechte in Bezug auf die Erforschung und Nutzung von Meeresressourcen, einschließlich der Energieerzeugung aus Wasser und Wind, hat. |
| EIA   | Energy Information Administration (Vereinigten Staaten)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ENEC  | European Norms Electrical Certification                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EOR   | Enhanced Oil Recovery (durch CO <sub>2</sub> -Verpressung in Erdöllager)                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EPI   | Environmental Performance Index                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| EPR   | Europäischer Druckwasserreaktor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ERMA  | European Raw Material Alliance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EUR   | Euro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| EV    | Electro Vehicle, Fahrzeug mit Elektroantrieb                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| FBR   | Fast Breeder Reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| FCC   | Fuel Combustion Cell, Brennstoffzelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| FEMP  | Federation of European Mineral Programs                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| FNR   | Fast Neutron Reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| FOAK  | First of a Kind                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| FÖS   | Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| GCF   | Green Climate Fund                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| GCR   | Gas Cooled Reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| GES   | Global Energy Solutions e.V.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| GHG   | Greenhouse Gas(es)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| GIZ   | Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| GLR   | Das gewichtete Länderrisiko (GLR) der Bergwerksförderung, der Raffinadeproduktion und der Nettoexporte wird berechnet, indem die Förder-, Produktions- bzw. Nettoexportanteile der Länder mit einem Index oder Länderranking gewichtet werden. Hierzu haben sich die Worldwide Governance Indicators der Weltbankgruppe bewährt.               |
| Gt    | Giga-Tonne = 1 Mrd t = 10 <sup>9</sup> t                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| GW(h) | 10 <sup>9</sup> ·W (h)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| HHI   | Der Herfindahl-Hirschman-Index ist definiert als die Summe der quadrierten Anteilswerte aller Marktteilnehmer. Der Wertebereich des Index liegt im Intervall $1/[\text{Anzahl der Marktteilnehmer}] \leq \text{HHI} \leq 1$ .                                                                                                                  |
| HREE  | Heavy Rare Earth Elements: Yttrium <sup>39</sup> , Gadolinium <sup>64</sup> , Terbium <sup>65</sup> , Dysprosium, Holmium, Erbium, Thullium, Ytterbium, Lutetium <sup>71</sup>                                                                                                                                                                 |
| HT    | High Temperature                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| HTEL  | Hochtemperatur-Elektrolyse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                    |                                                                                                                                                                             |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HTGR               | High Temperature Gas-Cooled Reactor High Temperature Gas-Cooled Reactor                                                                                                     |
| HVO                | Hydrotreated Vegetable Oils                                                                                                                                                 |
| HWR                | Heavy Water-Reactor                                                                                                                                                         |
| IAEA               | International Atomic Energy Agency                                                                                                                                          |
| IEA                | International Energy Agency                                                                                                                                                 |
| IEC                | Windklassen von Windrädern werden in der IEC 61400-1 definiert.                                                                                                             |
| IGCC               | Integrated Gasification Combined Cycle                                                                                                                                      |
| III                | Generation-III Nuclear Reactor                                                                                                                                              |
| INES               | Internationale Skala für nukleare und radiologische Ereignisse                                                                                                              |
| IPCC               | Intergovernmental Panel on Climate Change                                                                                                                                   |
| ISL                | In-Situ Laugung bei der Gewinnung von Uran                                                                                                                                  |
| ITER               | Next Generation Tokamak (Fusionsreaktor)                                                                                                                                    |
| ITM                | ITM Power,ritisches Unternehmen integriert Wasserstoffanlagen                                                                                                               |
| IWS                | Fraunhofer IWS für komplexe Systemlösungen in der Werkstoff- und Lasertechnik                                                                                               |
| JGC                | Japanisches Unternehmen                                                                                                                                                     |
| JOGMEG             | Japan Oil, Gas and Metal National Corporation                                                                                                                               |
| KHNP               | Korea Hydro & Nuclear Power                                                                                                                                                 |
| KOH                | Kalium-Hydroxid                                                                                                                                                             |
| kW, MW, GW, TW     | Leistung in Watt, k=kilo $10^3$ , M=Mega $10^6$ , G=Giga $10^9$ , T=Tera $10^{12}$ .                                                                                        |
| kWh, MWh, GWh, TWh | Energie in Wattstunden, k=kilo $10^3$ , M=Mega $10^6$ , G=Giga $10^9$ , T=Tera $10^{12}$                                                                                    |
| Lanthanide         | REE von Ordnungszahl 57 (Lanthan <sup>57</sup> ) bis 71 (Lutetium <sup>71</sup> )                                                                                           |
| LBST               | Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH                                                                                                                                            |
| LCA                | Life Cycle Analysis                                                                                                                                                         |
| LCE                | Lithium Carbonate Equivalent: Lithium Carbonat ist die erste Chemikalie im Lithium-Produktionsprozess und wird gerne als Maß für die Menge produzierten Lithiums verwendet  |
| LCOE               | Levelised Cost of Electricity = Stromgestehungskosten nach betriebswirtschaftlicher Kostenrechnung über eine festgelegte Laufzeit (z.B. 30 Jahre) und einem festen Zinssatz |
| LCOH               | Levelized Cost of Hydrogen= /Gestehungskosten für Wasserstoff                                                                                                               |
| LCOS               | Levelised Cost of Storage = Stromkosten bei der Entnahme von Strom aus dem Stromspeicher                                                                                    |
| LEILAC             | Low Emissions Intensity Lime and Cement                                                                                                                                     |
| LFL                | Linear Fluorescent Lamp (LED Leuchte)                                                                                                                                       |
| LFP                | Lithium-Eisenphosphat (chemisch: $\text{LiFePO}_4$ )                                                                                                                        |
| LHV                | Lower Heating Value, (unterer Heizwert = oberer Heizwert minus Enthalpie und Kondensationswärme des entstehenden, auf 100°C abgekühlten Wasserdampfes)                      |
| LKW                | Lastkraftwagen, z.B. Transportmittel für Wasserstoff                                                                                                                        |
| LMO                | Lithium-Ion Mangan Oxid Batterie mit Elektroden aus LMO sind kostengünstig, ungiftig und bieten bessere thermische Stabilität.                                              |
| LNG                | Liquid Natural Gas, verflüssigtes Erdgas (Methan)                                                                                                                           |

|          |                                                                                                                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOHC     | Liquid Organic Hydrogen Carrier: organische Substanzen, die H <sub>2</sub> binden und transportieren und bei Dehydrierung am Bestimmungsort wieder abgeben können. |
| LPG      | Liquid Propan Gas                                                                                                                                                  |
| LREE     | Light Rare Earth Elements: Scandium <sup>21</sup> , Lanthan <sup>57</sup> , Cer <sup>58</sup> , Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium <sup>63</sup>    |
| LT       | Low Temperature                                                                                                                                                    |
| LWGR     | Light Water Graphite Reactor                                                                                                                                       |
| LWR      | Light Water Reactor                                                                                                                                                |
| MCH      | Methylcyclohexan                                                                                                                                                   |
| MEA      | Monoethanolamine                                                                                                                                                   |
| MENA     | Middle East - North Africa                                                                                                                                         |
| METI     | Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan                                                                                                                     |
| MMAJ     | Metal Mining Agency of Japan, established 1963 in Japan                                                                                                            |
| MPPT     | Maximum Power Point Tracker                                                                                                                                        |
| MRP      | Minerals Reconnaissance Program, aufgesetzt 1975 in UK                                                                                                             |
| MSR      | Molten Salt Reactor                                                                                                                                                |
| MSW      | Municipal Solid Waste, Siedlungsabfall                                                                                                                             |
| Mt       | Mega Tonne = 1 Mio t = 10 <sup>6</sup> t                                                                                                                           |
| NCA      | Lithium Nickel Cobalt Aluminiumoxid Akku                                                                                                                           |
| NETL     | National Energy Technology Laboratory                                                                                                                              |
| NIB      | Natrium-Ionen-Akku                                                                                                                                                 |
| NIF      | National Ignition Facility                                                                                                                                         |
| NIMS     | National Institute for Material Science, Japan                                                                                                                     |
| NMC      | Akkus mit Lithium, Nickel, Mangan und Cobaltoxid                                                                                                                   |
| NOAA     | National Oceanic and Atmospheric Administration des US Department of Commerce                                                                                      |
| NPCIL    | Nuclear Power Cooperation of India Limited                                                                                                                         |
| NPPA     | Nuclear Power Plants Authority, Egypt                                                                                                                              |
| NRC      | National Research Council der USA                                                                                                                                  |
| NREL     | National Renewable Energy Lab (Vereinigte Staaten)                                                                                                                 |
| NZE      | Net Zero Emissions                                                                                                                                                 |
| OCR      | Ocean Carbon Sequestration                                                                                                                                         |
| OECD     | Organization for Economic Co-operation and Development                                                                                                             |
| OPEX     | Operating Expenses                                                                                                                                                 |
| PEM      | Proton Exchange Membrane                                                                                                                                           |
| PFBR     | Prototype Fast Breeder Reactor                                                                                                                                     |
| PGM      | Platinum-Group Metals: Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pr                                                                                                                      |
| PHWR     | Pressurized heavy water reactor                                                                                                                                    |
| PNNL     | Pacific Northwest National Laboratory                                                                                                                              |
| PWR      | Pressurized Water Reactor                                                                                                                                          |
| REDD     | Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation                                                                                                       |
| REE, SEE | Rare Earth Elements, Seltene-Erden-Elemente                                                                                                                        |
| REO      | Rare Earth Oxide, Mengenangabe von geförderten oxydischen Metallen                                                                                                 |

---

|        |                                                                                                                                           |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RMIS   | Raw Materials Information System, <a href="https://rmis.jrc.ec.europa.eu/">https://rmis.jrc.ec.europa.eu/</a>                             |
| SCPC   | Supercritical Pulverized Coal                                                                                                             |
| SDG    | Sustainable Development Goals, vgl. <a href="https://sdgs.un.org/goals">https://sdgs.un.org/goals</a>                                     |
| SDS    | Sustainable Development Scenario                                                                                                          |
| SGT    | Industrielle Gasturbine von Siemens                                                                                                       |
| SMR    | Small Modular Reactor                                                                                                                     |
| SMSP   | Strategic Materials Security Program, US-Programm zur Behandlung von strategischen Materialien                                            |
| SOE    | State Owned Enterprises                                                                                                                   |
| SPIC   | One of the five major power generation groups in China                                                                                    |
| SSAB   | Svenskt Stål AB                                                                                                                           |
| STEP   | Akku-Produzent Shimano                                                                                                                    |
| t      | (Metrische) Tonne = 1.000 kg, auch in Verbindung mit üblichen Bezeichnungen für Größenordnungen k(kilo), M(ega), G(iga)                   |
| T-MCH  | Toluene-Methylcyclohexan                                                                                                                  |
| THG    | Treibhausgas                                                                                                                              |
| TKIS   | Thyssen Krupp Industrial Solutions                                                                                                        |
| TNO    | Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung |
| TOI    | VVER- <b>TOI</b> bedeutet auf russisch "Water-Cooled Water-Moderated Energy Reactor - Universal Optimized Digital"                        |
| TRL    | Technology Readiness Level                                                                                                                |
| TSA    | Temperature Swing Adsorber                                                                                                                |
| TVO    | Teollisuuden Voima Oyj, Betreiber des ersten EPR                                                                                          |
| UAE    | United Arab Emirates                                                                                                                      |
| UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Change                                                                                     |
| USA    | United States of America                                                                                                                  |
| USD    | US-Dollar auch US\$                                                                                                                       |
| USGS   | United States Geological Survey                                                                                                           |
| VNG    | Unternehmensverbund für Gas und Gasinfrastruktur                                                                                          |
| WACC   | Weighted Average Cost of Capital                                                                                                          |
| WBDG   | Whole Building Design Guide                                                                                                               |
| WEA    | Windenergieanlage                                                                                                                         |
| WENRA  | Western European Nuclear Regulators Association                                                                                           |
| WISE   | World Information Service on Energy                                                                                                       |
| WNA    | World Nuclear Association                                                                                                                 |

### 0.3 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Anteile der wichtigsten Klimagase an den weltweiten Emissionen; Quelle: IPCC Report (2014) .....                                                                                                                                             | 32 |
| Abbildung 2: Sankey-Diagramm für Primärenergie und Endenergienutzung 2020 .....                                                                                                                                                                           | 33 |
| Abbildung 3: Klimagas verursachende Branchen .....                                                                                                                                                                                                        | 34 |
| Abbildung 4: Gestehungskosten für Solarphotovoltaikstrom weltweit .....                                                                                                                                                                                   | 38 |
| Abbildung 5: Solar-PV Potenzial pro installierter Leistung vs. Stromtarife .....                                                                                                                                                                          | 39 |
| Abbildung 6: Solarenergie Potenzial pro installierter Leistung vs. Seasonality Index .....                                                                                                                                                                | 40 |
| Abbildung 7: Installierte Leistung von Solarphotovoltaik gewisser Länder .....                                                                                                                                                                            | 41 |
| Abbildung 8: Anteil von Solarstrom (Solarphotovoltaik und CSP) im Strommix verschiedener Länder .....                                                                                                                                                     | 41 |
| Abbildung 9: Zentralernturm-System von konzentrierter Solarthermie .....                                                                                                                                                                                  | 42 |
| Abbildung 10: Parabolic Trough Collector .....                                                                                                                                                                                                            | 43 |
| Abbildung 11: Parabolspiegel Kollektor .....                                                                                                                                                                                                              | 43 |
| Abbildung 12: Installierte Leistung von CSP gewisser Länder .....                                                                                                                                                                                         | 44 |
| Abbildung 13: Onshore-Windanlage Komponenten .....                                                                                                                                                                                                        | 45 |
| Abbildung 14: Offshore-Windkraft .....                                                                                                                                                                                                                    | 46 |
| Abbildung 15: Installierte Leistung von Offshore-Windkraft weltweit .....                                                                                                                                                                                 | 46 |
| Abbildung 16: Installierte Leistung von Onshore-Windkraft weltweit .....                                                                                                                                                                                  | 47 |
| Abbildung 17: Anteil von Onshore- und Offshore-Windkraft im Strommix weltweit .....                                                                                                                                                                       | 47 |
| Abbildung 18: Globale durchschnittliche jährliche Nettokapazitätsfaktoren (einschließlich Verfügbarkeit und Array-Effizienz der Anlagen) für Landgebiete (ohne Antarktis) und Offshore-Gebiete, die 200 Seemeilen von der Küstenlinie entfernt sind ..... | 49 |
| Abbildung 19: Das Onshore-Windenergiepotenzial und Kapazitätsfaktoren (nCF0) in exklusiven Wirtschaftszonen (EEZ) .....                                                                                                                                   | 49 |
| Abbildung 20: Das Offshore-Windenergiepotenzial in exklusiven Wirtschaftszonen (EEZ) .....                                                                                                                                                                | 50 |
| Abbildung 21: Leistungsdichte der Windkraft ( $W/m^2$ ) weltweit .....                                                                                                                                                                                    | 50 |
| Abbildung 22: Installierte Leistung von Wasserkraft weltweit .....                                                                                                                                                                                        | 51 |
| Abbildung 23: Anteil von Wasserkraft am Strommix weltweit gewisser Länder .....                                                                                                                                                                           | 52 |
| Abbildung 24: Das theoretische Wasserkraftpotenzial weltweit – Gesamtpotenzial und Pro-Kopf-Potenzial .....                                                                                                                                               | 53 |
| Abbildung 25: Stromerzeugung aus diversen Bioenergiequellen .....                                                                                                                                                                                         | 54 |
| Abbildung 26: Direkte Verbrennung der Biomasse zur Stromerzeugung .....                                                                                                                                                                                   | 55 |
| Abbildung 27: Strom und Wärmeerzeugung aus Biogasen .....                                                                                                                                                                                                 | 56 |
| Abbildung 28: Vergasung der Biomasse zur Stromerzeugung .....                                                                                                                                                                                             | 56 |
| Abbildung 29: Installierte Leistung von Bioenergiekraftwerken weltweit .....                                                                                                                                                                              | 57 |
| Abbildung 30: Diverse Arten von Geothermiekraftwerken .....                                                                                                                                                                                               | 57 |
| Abbildung 31: Installierte Leistung von Geothermiekraftwerken gewisser Länder .....                                                                                                                                                                       | 59 |
| Abbildung 32: Vergleich der LCOE diverser Arten von Stromerzeugung im Jahr 2010 und im Jahr 2020 .....                                                                                                                                                    | 61 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 33: Lernkurven von Solarphotovoltaik und Onshore-Windkraft, von 2010 bis 2020. ....                                                                                                                                                                                                 | 61  |
| Abbildung 34: Lernkurven von CSP und Offshore-Windkraft von 2010 bis 2020.....                                                                                                                                                                                                                | 62  |
| Abbildung 35: Kapazitätsfaktoren diverser Arten von Stromerzeugung.....                                                                                                                                                                                                                       | 63  |
| Abbildung 36: Prognosen zur Abfallproduktion von der Solar-PV-Industrie im Jahr 2050. ....                                                                                                                                                                                                    | 64  |
| Abbildung 37: Emissionen im Lebenszyklus diverser Arten von Stromerzeugung.....                                                                                                                                                                                                               | 65  |
| Abbildung 38: Lebenszyklus-THG-Emissionen von auf Dächern montierten PV-Anlagen für die europäische Produktion und Installation bei einer südeuropäischen Sonneneinstrahlung von 1700 kWh/m <sup>2</sup> /a, einer Performance Ratio von 0,75 und einer Lebensdauer von 25 Jahren.....        | 65  |
| Abbildung 39: Stromerzeugung aus Kernenergie.....                                                                                                                                                                                                                                             | 68  |
| Abbildung 40: Installierte Leistung von Kernkraftwerken diverser Länder.....                                                                                                                                                                                                                  | 69  |
| Abbildung 41: Kosten der Stromerzeugung durch Atomkraft in der EU; .....                                                                                                                                                                                                                      | 81  |
| Abbildung 42: Gesamtgesellschaftliche Kosten der Stromerzeugung aus Atomenergie von 2007 bis 2019;.....                                                                                                                                                                                       | 82  |
| Abbildung 43: Gesamtgesellschaftliche Kosten der Stromerzeugung nach Energieträger;.....                                                                                                                                                                                                      | 83  |
| Abbildung 44: Flächenbedarf diverser Arten von Stromerzeugung.....                                                                                                                                                                                                                            | 93  |
| Abbildung 45: Diverse Atomunfälle auf INES Skala .....                                                                                                                                                                                                                                        | 93  |
| Abbildung 46: Weltweite Atomunfälle geordnet nach INES Skala; Quelle: Statista (2022b).....                                                                                                                                                                                                   | 94  |
| Abbildung 47: Dreckige Kohle, saubere Atomkraft;.....                                                                                                                                                                                                                                         | 95  |
| Abbildung 48: Energiedichte verschiedener Batterietypen.....                                                                                                                                                                                                                                  | 97  |
| Abbildung 49: Vanadium Redox Flow Batterie. ....                                                                                                                                                                                                                                              | 98  |
| Abbildung 50: Wasserstofferzeugungskosten. ....                                                                                                                                                                                                                                               | 100 |
| Abbildung 51: Power-to-Hydrogen-to-Power Model. Quelle: Siemens, (2022). ....                                                                                                                                                                                                                 | 101 |
| Abbildung 52: Verhältnis von Kohlendioxidemissionen und Volumenstrom für ein Kraftstoffgemisch aus Methan und Wasserstoff. für gleichen Brennwert.....                                                                                                                                        | 102 |
| Abbildung 53: Diverse Power-to-X-to-Power-Lösungen;.....                                                                                                                                                                                                                                      | 103 |
| Abbildung 54: Komprimiertes Luft-Speichersystem.....                                                                                                                                                                                                                                          | 104 |
| Abbildung 55: Stromspeicherungskosten (LCOS) von Lithium Batterien und Redox Flow Batterien für verschiedenen Anwendungen und auf Basis der Speicherkapazität. ....                                                                                                                           | 107 |
| Abbildung 56: Annuierte Kapazitätskosten (ACC) von Lithium-Batterien und Redox-Flow-Batterien für verschiedene Anwendungen und auf Basis der Leistung. ....                                                                                                                                   | 107 |
| Abbildung 57: Stromspeicherungskosten (LCOS) von CAES, Pumpspeicherkraftwerk für verschiedene Zwecke im Stromnetz (geordnet nach Speicherkapazität). ....                                                                                                                                     | 108 |
| Abbildung 58: Lithium-Ion-Batterie LCOS-Prognosen diverser veröffentlichten Studien. ....                                                                                                                                                                                                     | 109 |
| Abbildung 59: Produktpreisentwicklung diverser Arten von Stromspeichern. ....                                                                                                                                                                                                                 | 110 |
| Abbildung 60: Der Prozentanteil der gesamten installierten Stromspeicher-Kosten nach Kostenkomponenten für jede Technologie. Dies veranschaulicht die Aufschlüsselung der Kostenkomponenten innerhalb jeder Speichertechnologie und wie jede zu den installierten Gesamtkosten beiträgt. .... | 111 |
| Abbildung 61: Installationskosten (USD/kW) und Speicherkosten nach Speicherkapazität (USD/kWh) diverser Arten von Stromspeicher.....                                                                                                                                                          | 112 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 62: Zusammenfassung von Speicherdauer und Leistung diverser Arten von Stromspeicherung. ....                                                                                                                                                     | 113 |
| Abbildung 63: Rohstoffbedarf-Prognosen in der Batterie-Industrie bei STEP & SDS. ....                                                                                                                                                                      | 114 |
| Abbildung 64: Strombedarf per kWh Lithium-Ion Stromspeicherkapazität. ....                                                                                                                                                                                 | 114 |
| Abbildung 65: Das Verfahren des Lithium-Ion-Batterien-Recyclings.....                                                                                                                                                                                      | 116 |
| Abbildung 66: Netto-Recyclinggewinne in \$/kWh, verglichen für fünf Länder, unter Verwendung der in der Studie angegebenen Transportkosten. Nach links zeigende Balken zeigen einen Gesamtverlust, nach rechts zeigende Balken einen Gesamtgewinn an. .... | 117 |
| Abbildung 67: Iridium-Bedarf-Prognosen in diversen Industrien. ....                                                                                                                                                                                        | 118 |
| Abbildung 68: Daten aus Ghana zu Solarstrompotenzial und -produktion.....                                                                                                                                                                                  | 119 |
| Abbildung 69: Daten aus Kenia zu Solarstrompotenzial und -produktion .....                                                                                                                                                                                 | 120 |
| Abbildung 70: Daten aus Spanien zu Solarstrompotenzial und -produktion .....                                                                                                                                                                               | 121 |
| Abbildung 71: Emissionsquellen für CO <sub>2</sub> bei der Herstellung von Wasserstoff durch Dampfreformierung .....                                                                                                                                       | 123 |
| Abbildung 72: Emissionsquellen für CO <sub>2</sub> bei der Herstellung von Wasserstoff durch partielle Oxidation; .....                                                                                                                                    | 123 |
| Abbildung 73: Wasserstoffherstellung durch partielle Oxidation; .....                                                                                                                                                                                      | 124 |
| Abbildung 74: Projizierter Wasserstoffbedarf nach Region in den Jahren 2030 und 2050. ....                                                                                                                                                                 | 126 |
| Abbildung 75: Schema der Alkali-Elektrolyse.....                                                                                                                                                                                                           | 130 |
| Abbildung 76: Schema der PEM-Elektrolyse.....                                                                                                                                                                                                              | 131 |
| Abbildung 77: Schema der HTEL. ....                                                                                                                                                                                                                        | 131 |
| Abbildung 78: Annahmen zu den Investitionskosten der Elektrolyseanlagen (AEL, PEMEL, HTEL). ....                                                                                                                                                           | 133 |
| Abbildung 79: Prognose der Entwicklung der Elektrolysewirkungsgrade (brennwertbezogen). ...                                                                                                                                                                | 136 |
| Abbildung 80: Prognostizierte Startzeiten aus dem kalten Standby in den nominellen Betrieb von AEL-, PEMEL- und HTEL-Systemen.....                                                                                                                         | 137 |
| Abbildung 81: Prognostizierte Nachfrage nach CO <sub>2</sub> -armem Wasserstoff bis 2030 nach Sektor. .                                                                                                                                                    | 140 |
| Abbildung 82: Wasserstoffproduktionskosten nach Art der Erzeugung. ....                                                                                                                                                                                    | 144 |
| Abbildung 83: Industriestromkosten in ausgewählten OECD-Ländern 2019. ....                                                                                                                                                                                 | 144 |
| Abbildung 84: Modell A.....                                                                                                                                                                                                                                | 145 |
| Abbildung 85: Modell B.....                                                                                                                                                                                                                                | 146 |
| Abbildung 86: Zusammensetzung der Wasserstoffproduktionskosten am Beispiel Deutschland. ....                                                                                                                                                               | 147 |
| Abbildung 87: Wasserstoffgestehungskosten vs. Importkosten nach Land. ....                                                                                                                                                                                 | 153 |
| Abbildung 88: Wasserstofferschließungspotenzial in Nordafrika. ....                                                                                                                                                                                        | 153 |
| Abbildung 89: Wasserstofferschließungspotenzial weltweit. ....                                                                                                                                                                                             | 154 |
| Abbildung 90: Derzeit geplante Elektrolyseprojekte weltweit. ....                                                                                                                                                                                          | 155 |
| Abbildung 91: Zweck der Verwendung des produzierten Wasserstoffs nach Land. ....                                                                                                                                                                           | 155 |
| Abbildung 92: Volumetrische und gravimetrische Energiedichten von Wasserstoff und Methan im Vergleich. ....                                                                                                                                                | 159 |
| Abbildung 93: Energieverluste durch Kompressionsverlust je nach Transportform. ....                                                                                                                                                                        | 161 |
| Abbildung 94: Verteilung von Salzkavernen über Europa. ....                                                                                                                                                                                                | 167 |

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 95: Projekt European Hydrogen Backbone. ....                                                                                                                 | 169 |
| Abbildung 96: Verlauf der LCOH mit steigendem Exportvolumen.....                                                                                                       | 172 |
| Abbildung 97: Steigende LCOH mit steigender Distanz wegen Boil-off-Verlusten (250kt/pa). ....                                                                          | 173 |
| Abbildung 98: Kostenanteile entlang der Wasserstofflieferkette. ....                                                                                                   | 176 |
| Abbildung 99: Projizierte Kosten für den Wasserstofftransport (inkl. Produktion). ....                                                                                 | 177 |
| Abbildung 100: Kostenanteile bei der Produktion von Methanol; .....                                                                                                    | 179 |
| Abbildung 101: Sensitivitätsanalyse der Produktionskosten für Methanol. ....                                                                                           | 180 |
| Abbildung 102: Transportkosten von Methanol pro MWh bzw. Tonne nach Distanz. Quelle: Pfennig et al., (2017). ....                                                      | 181 |
| Abbildung 103: Kosten für die Transportroute Saudi Arabien-Deutschland. ....                                                                                           | 182 |
| Abbildung 104: Konzept LOHC. ....                                                                                                                                      | 184 |
| Abbildung 105: Systemkosten LOHC. ....                                                                                                                                 | 187 |
| Abbildung 106: Systemkosten LOHC mit Nutzung von überschüssiger Wärme .....                                                                                            | 187 |
| Abbildung 107: Kosteneffizienz des Wasserstofftransports nach Distanz und Menge.....                                                                                   | 188 |
| Abbildung 108: Vereinfachtes Konzept einer e-Ammoniak-Anlage.....                                                                                                      | 192 |
| Abbildung 109: Zielmärkte für e-Ammoniak: Beispiel Japans „Road Map for Fuel Ammonia“-Anlagen-Konzept.....                                                             | 194 |
| Abbildung 110: Viking Energy der norwegischen Reederei Eidesvik mit Ammoniak-Brennstoffzellenantrieb.....                                                              | 195 |
| Abbildung 111: Mitsubishi: Ammoniakfähige Gasturbine. ....                                                                                                             | 196 |
| Abbildung 112: Rückgewinnung von Wasserstoff aus Ammoniak durch katalytische Spaltung; ..                                                                              | 197 |
| Abbildung 113: Gleichgewichtskonzentrationen von Wasserstoff in Abhängigkeit von Druck und Temperatur durch Rückspaltung von Ammoniak; .....                           | 197 |
| Abbildung 114: Vereinfachtes Konzept einer low-carbon Methanol Anlage;.....                                                                                            | 198 |
| Abbildung 115: Blockfließbild der Synthese einer e-Methanol-Anlage.....                                                                                                | 201 |
| Abbildung 116: Vereinfachtes Konzept einer e-Methan bzw. Power to Gas Anlage.....                                                                                      | 203 |
| Abbildung 117: Vereinfachtes Konzept/Massenbilanz einer e-Benzin Anlage .....                                                                                          | 205 |
| Abbildung 118: Vereinfachte Massenbilanz einer e-Benzin Anlage .....                                                                                                   | 206 |
| Abbildung 119: Die globale Landnutzung zur Produktion von Nahrungsmitteln.....                                                                                         | 209 |
| Abbildung 120: Ernte, Strohmenge sowie der Ernte-Index verschiedener Nutzpflanzen. ....                                                                                | 210 |
| Abbildung 121: Zusammensetzung globaler MSW und Art der Abfallentsorgung global betrachtet. ....                                                                       | 212 |
| Abbildung 122: Klassifizierung von Biokraftstoffen.....                                                                                                                | 216 |
| Abbildung 123: Synthese von Biodiesel aus pflanzlichen Ölen und Methanol. ....                                                                                         | 217 |
| Abbildung 124: Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen von HVO und Biodiesel (RME) (bei Hydrierung mit grauem Wasserstoff bzw. Umesterung mit grauem Methanol) ..... | 218 |
| Abbildung 125: Herstellung von HVO; Quelle: CARE Diesel .....                                                                                                          | 219 |
| Abbildung 126: Abgasqualität von HVO und von einem HVO/Diesel 30/70-Gemisch im Vergleich zu 100% Diesel .....                                                          | 221 |
| Abbildung 127: Weltweite HVO-Produktionskapazität 2020, Prognose für 2025.....                                                                                         | 222 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 128: Tankstellenkarte“ für HVO-haltige Dieselmotorkraftstoffe in Europa .....                                                                                                                                                                                                                                     | 223 |
| Abbildung 129: Gasification (links) und Pyrolyse (rechts) von Biomasse zur Stromerzeugung....                                                                                                                                                                                                                               | 225 |
| Abbildung 130: Herstellung von Biokraftstoffen aus Algen.....                                                                                                                                                                                                                                                               | 226 |
| Abbildung 131: Die Wasserbilanzen (grün + blau) diverser Energiepflanzen zur Synthese von Bioethanol und Biodiesel.....                                                                                                                                                                                                     | 228 |
| Abbildung 132: Mögliche Pfade zur Nutzung von CO <sub>2</sub> .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 235 |
| Abbildung 133: Vom Abfangen des CO <sub>2</sub> bis zur Nutzung oder Ablagerung. Quelle: Autor .....                                                                                                                                                                                                                        | 238 |
| Abbildung 134: Prinzip Post-Combustion. Quelle: Autor .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 239 |
| Abbildung 135: Entwicklung der DAC-Kosten in den nächsten Jahrzehnten.....                                                                                                                                                                                                                                                  | 243 |
| Abbildung 136: Abscheidungskosten DAC unter Verwendung verschiedener Quellen. ....                                                                                                                                                                                                                                          | 243 |
| Abbildung 137: Voraussetzungen für die Reduktion der Abscheidungskosten auf 100 €/t CO <sub>2</sub> . ..                                                                                                                                                                                                                    | 244 |
| Abbildung 138: OPEX und CAPEX für DAC-Anlagen mit einer Kapazität > 0,1 Mt CO <sub>2</sub> /a unter Berücksichtigung der Nutzung verschiedener Energiequellen, ohne Sequestrierung. ....                                                                                                                                    | 245 |
| Abbildung 139: aktuelle und perspektivische DAC-Kosten aus verschiedenen Quellen (siehe Tabelle 33 und Abbildung 135) mit Streubereichen vom Autor zusammengestellt                                                                                                                                                         | 245 |
| Abbildung 140: Funktionsweise eines Temperature Swing Adsorbers (TSA). ....                                                                                                                                                                                                                                                 | 248 |
| Abbildung 141: Ergebnisse der Life-Cycle-Analysis (LCA) für HT Aq und TSA. ....                                                                                                                                                                                                                                             | 250 |
| Abbildung 142: Schematische Darstellung der Oxy-Fuel-Verbrennung.....                                                                                                                                                                                                                                                       | 250 |
| Abbildung 143: Chinesische Sicht auf die Kostenentwicklung von Oxy-Fuel Verfahren.....                                                                                                                                                                                                                                      | 251 |
| Abbildung 144: Prinzip Pre-Combustion mit den Prozessschritten Vergasung zur Erzeugung von Syngas und der Konditionierung von Syngas; .....                                                                                                                                                                                 | 252 |
| Abbildung 145: Chinesische Sicht auf die Kostenentwicklung bei Pre-Combustion-Verfahren. ...                                                                                                                                                                                                                                | 253 |
| Abbildung 146: Verfahren „Carbonate Looping“ nach Carbon Engineering zum Abfangen von CO <sub>2</sub> in einer wässrigen Lösung von NaOH und KOH. ....                                                                                                                                                                      | 255 |
| Abbildung 147: Geschätzte Kosten in USD pro t CO <sub>2</sub> für verschiedene Verfahren zur CO <sub>2</sub> -Reduktion, Legende: Amine SC: scrubbing with amine solutions; ASU SC: air separation unit SC; ITM: ion transport membranes; IGCC: integrated gasification combined cycle; CCC: cryogenic carbon capture. .... | 257 |
| Abbildung 148: Erwarteter Performancetrend der bei Carbon Capture benötigten Energie. ....                                                                                                                                                                                                                                  | 258 |
| Abbildung 149: CO <sub>2</sub> -Partialdruck und Kosten pro abgeschiedener Tonne CO <sub>2</sub> im industriellen Abgas. ....                                                                                                                                                                                               | 261 |
| Abbildung 150: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Abscheidungskosten über die Zeit.....                                                                                                                                                                                                                                       | 264 |
| Abbildung 151: Chinesische Sicht auf die Kostenentwicklung für Post-Combustion-Verfahren. ...                                                                                                                                                                                                                               | 264 |
| Abbildung 152: Differenz zwischen abgeschiedenem CO <sub>2</sub> und vermiedenem CO <sub>2</sub> bei Kraftwerken mit CCS.; .....                                                                                                                                                                                            | 265 |
| Abbildung 153: Stromgestehungskosten fossil befeuerter Kraftwerke für 2010 und Kostenstrukturen mit und ohne CO <sub>2</sub> -Abscheidung oder Einsatz von Oxy-Fuel-Verfahren aufgeteilt nach Capex, Brennstoffkosten und Sonstige (OPEX). ....                                                                             | 266 |
| Abbildung 154: Gegenüberstellung der Stromgestehungskosten LCoE in UK. ....                                                                                                                                                                                                                                                 | 268 |
| Abbildung 155: Kosten der CO <sub>2</sub> -Reduktion am Beispiel des SSAB Stahlwerkes in Lulea als Funktion der abgefangenen Menge CO <sub>2</sub> . Die farbigen Felder geben die Bereiche an, in denen unterschiedliche Ressourcen (Druck, Wärme) genutzt wurden. In den                                                  |     |

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Szenarios wurden die Abwärmen von Blast Furnace Gas (BFG), Combined Heat and Power (CHP) und Hot Stoves (HS) einbezogen.....                                                                     | 270 |
| Abbildung 156: Abscheidungskosten aus Punktquellen für verschiedene Branchen.....                                                                                                                | 271 |
| Abbildung 157: Auswertung der NETL-Datenbank nach eingesetzten CO <sub>2</sub> -Abscheideverfahren.....                                                                                          | 272 |
| Abbildung 158: Auswertung der NETL-Datenbank aktiver und in Planung befindlicher CCS-Anlagen: Anzahl nach Land. ....                                                                             | 272 |
| Abbildung 159: CCS-Projekte in Deutschland.....                                                                                                                                                  | 273 |
| Abbildung 160: Projektpipeline von CCS-Anlagen von 2010 bis 2021.....                                                                                                                            | 273 |
| Abbildung 161: CCS-Projekte nach Branche (Sectors) und Größe.....                                                                                                                                | 274 |
| Abbildung 162: Phasendiagramm von reinem CO <sub>2</sub> .....                                                                                                                                   | 276 |
| Abbildung 163: Weltweit aktive LNG-Pipelines mit Gesamtdurchsatz in Mt/a.....                                                                                                                    | 278 |
| Abbildung 164: Bandbreite der Investitionskosten für den Bau von Pipelines pro km. ....                                                                                                          | 278 |
| Abbildung 165: Bandbreite der Transportkosten bei Pipelines als Funktion von Entfernung und mit dem Parameter Transportkapazität onshore und offshore.....                                       | 279 |
| Abbildung 166: Vergleich der Transportkosten pro t CO <sub>2</sub> bei einem Massenfluss von 6 Mt CO <sub>2</sub> /a als Funktion der Entfernung. ....                                           | 281 |
| Abbildung 167: Kosten für den Transport von CO <sub>2</sub> per LKW in Abhängigkeit von der abgeschiedenen Menge und mit der Länge der Transportstrecke als Parameter. ....                      | 282 |
| Abbildung 168: Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Speichermöglichkeiten. ....                                                                                                         | 283 |
| Abbildung 169: Weltweite Kapazität zum Abfangen von CO <sub>2</sub> an großen Anlagen von 1980 bis 2021 in Mt/a.....                                                                             | 284 |
| Abbildung 170: Störungen bei der Verpressung von CO <sub>2</sub> . ....                                                                                                                          | 285 |
| Abbildung 171: Weltweit für die In-Situ-Mineralisierung geeignete Basaltschichten; orange: ozeanische Bergrücken jünger als 30 Ma, lila: ozeanische und kontinentale geeignete Basaltebenen..... | 287 |
| Abbildung 172: Vergleich von Einfangmechanismen für CO <sub>2</sub> durch Verpressen (a) von superkritischem CO <sub>2</sub> , (b) von in Wasser gelöstem CO <sub>2</sub> . ....                 | 288 |
| Abbildung 173: Kostenblöcke für den kompletten Prozess von Abfangen bis Überwachen des verpressten CO <sub>2</sub> . ....                                                                        | 290 |
| Abbildung 174: Projektplan Langskip Project mit Northern Lights Storage Site.....                                                                                                                | 291 |
| Abbildung 175: Lebenszyklus eines CCS-Projektes. Quelle: Energy Transition Alliance, (2021). ....                                                                                                | 293 |
| Abbildung 176: Bewertung der Reife von CCS-Verfahrensteilen. ....                                                                                                                                | 294 |
| Abbildung 177: Standorte für CO <sub>2</sub> -Endlager aus einem Gutachten der BGR (2011) und der Überarbeitung durch Greenpeace.....                                                            | 295 |
| Abbildung 178: Übersicht über die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten von abgefangenem CO <sub>2</sub> (CCU) ....                                                                         | 297 |
| Abbildung 179: Globaler Verbrauch von CO <sub>2</sub> .....                                                                                                                                      | 301 |
| Abbildung 180: Erschließbares Removal-Potenzial verschiedener NbS von 2020 – 2050;.....                                                                                                          | 324 |
| Abbildung 181: Globale Meeresströmungen ....                                                                                                                                                     | 333 |
| Abbildung 182: Regionale CO <sub>2</sub> -Aufnahme bzw. -Abgabe der Ozeane; ....                                                                                                                 | 334 |
| Abbildung 183: Entwicklung der anthropogenen CO <sub>2</sub> -Aufnahme bis 2018 auf Basis verschiedener Rechenmodelle (1 PgC Petagramm entspricht 1 Gigatonne); Quelle: Watson et al., 2020 .... | 336 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 184: Phasendiagramm von CO <sub>2</sub> in Wasser in Abhängigkeit von Druck und Temperatur;<br>.....                                                                                                                                                                                                              | 337 |
| Abbildung 185: Biologische und physikalische Pumpe für die Speicherung von CO <sub>2</sub> in den<br>Ozeanen <sup>539</sup> .....                                                                                                                                                                                           | 338 |
| Abbildung 186: CO <sub>2</sub> -Löslichkeit in (reinem) Wasser bei Normaldruck in Abhängigkeit von der<br>Wassertemperatur; Quelle: <a href="https://prozesstechnik.industrie.de/chemie/kein-schaden-am-kessel/#slider-intro-2">https://prozesstechnik.industrie.de/chemie/kein-schaden-am-kessel/#slider-intro-2</a> ..... | 339 |
| Abbildung 187: CO <sub>2</sub> -Tiefenverpressung im Meer .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 341 |
| Abbildung 188: Bilanz der globalen CO <sub>2</sub> -Emission und -Aufnahme im Jahresdurchschnitt 2012 –<br>2021; .....                                                                                                                                                                                                      | 342 |
| Abbildung 189: Anteile der wichtigsten Klimagase an den weltweiten Emissionen. ....                                                                                                                                                                                                                                         | 343 |
| Abbildung 190: Anteile von Methan in der Atmosphäre. ....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 345 |
| Abbildung 191: Anstieg des globalen, mittleren Methangehalts in der Atmosphäre. ....                                                                                                                                                                                                                                        | 345 |
| Abbildung 192: Jährliche Zunahme des Methangehalts in der Atmosphäre. ....                                                                                                                                                                                                                                                  | 346 |
| Abbildung 193: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mt aus verschiedenen Quellen.....                                                                                                                                                                                                                                             | 347 |
| Abbildung 194: Methan-Emissionen nach geographischen Regionen.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 348 |
| Abbildung 195: Methan-Emissionen nach Kategorien und in den Jahren 1990 bis 2020. ....                                                                                                                                                                                                                                      | 349 |
| Abbildung 196: Globale Methanemissionen in den Jahren 2008 bis 2017. ....                                                                                                                                                                                                                                                   | 350 |
| Abbildung 197: Gemessene und in Modellen gerechnete Methankonzentrationen in der<br>Atmosphäre. ....                                                                                                                                                                                                                        | 351 |
| Abbildung 198: Bereich der Permafrostböden und Potenzial an CH <sub>4</sub> pro Fläche. ....                                                                                                                                                                                                                                | 352 |
| Abbildung 199: Phasendiagramm von Methanhydrat.....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 353 |
| Abbildung 200: Weltweite Methanhydratvorkommen. ....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 354 |
| Abbildung 201: Herkunft von Methanemissionen.....                                                                                                                                                                                                                                                                           | 355 |
| Abbildung 202: Suche nach Methan-Leckagen mit Hilfe von Satellitensystemen.....                                                                                                                                                                                                                                             | 356 |
| Abbildung 203: Schematische Darstellung von natürlichen Gaslagern.....                                                                                                                                                                                                                                                      | 357 |
| Abbildung 204: Schematische Darstellung der Methanemissionen in einer Kohlemine.....                                                                                                                                                                                                                                        | 358 |
| Abbildung 205: Schematische Darstellung vom Einfangen von Methanemissionen bis zur<br>Verwertung. ....                                                                                                                                                                                                                      | 360 |
| Abbildung 206: Weltweite Versorgungsketten für Erdgas über Pipelines und als LNG. ....                                                                                                                                                                                                                                      | 364 |
| Abbildung 207: LNG-Transport weltweit.....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 365 |
| Abbildung 208: Hauptexporteure und -importeure für LNG.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 365 |
| Abbildung 209: Verflüssigungskapazitäten zur Produktion von LNG (Stand 2021). ....                                                                                                                                                                                                                                          | 366 |
| Abbildung 210: Kapazität und Auslastung der LNG-Terminals weltweit. ....                                                                                                                                                                                                                                                    | 366 |
| Abbildung 211: Erdgas-Versorgung nach Europa per Pipeline und als LNG.....                                                                                                                                                                                                                                                  | 367 |
| Abbildung 212: Existente und geplante LNG-Terminals in Europa (Stand vor Ukraine-Krieg) <sup>591</sup> .                                                                                                                                                                                                                    | 368 |
| Abbildung 213: Prozesskette LNG .....                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 369 |
| Abbildung 214: LNG Versorgungskette.....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 369 |
| Abbildung 215: Anlage zur Verflüssigung von (konditioniertem) Erdgas.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 370 |
| Abbildung 216: Anlage zur Wiederverdampfung von LNG zur Einspeisung ins Erdgasnetz. ....                                                                                                                                                                                                                                    | 371 |
| Abbildung 217: Flüssiggas-Logistik (ohne Wiedereinspeisung ins Erdgas-Netz). ....                                                                                                                                                                                                                                           | 371 |

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 218: Prozessketten im Vergleich.....                                                                                          | 372 |
| Abbildung 219: Abgefackelte Gasmengen in 2017 (Mrd. m3).....                                                                            | 374 |
| Abbildung 220: Weltweite Verteilung von Fackeln in Zusammenhang mit Erdöl- und Gasförderung<br>.....                                    | 375 |
| Abbildung 221: Tatsächliche CO <sub>2</sub> -Emissionen von Fackelgasen in Abhängigkeit vom Methan-Slip.<br>.....                       | 376 |
| Abbildung 222: Satellitenaufnahme der Erdgas-Abfackelung in Portovaya bei St. Petersburg am<br>24.8.2022. ....                          | 377 |
| Abbildung 223: Aufbau eines Fackelsystems.....                                                                                          | 379 |
| Abbildung 224: Herkunft der Fackelgase bei Förderung von Erdöl.....                                                                     | 379 |
| Abbildung 225: Verfügbarkeit von Erdgas-Pipeline zur Einspeisung von Fackelgasen. ....                                                  | 381 |
| Abbildung 226: Prozentuale Verteilung wichtiger Klimagase; .....                                                                        | 382 |
| Abbildung 227: Langzeit-Entwicklung der Lachgas-Konzentration in der Atmosphäre in ppb; ....                                            | 383 |
| Abbildung 228: Entwicklung der Lachgas-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittelwerte) in<br>den Jahren 1993 bis 2023;.....         | 383 |
| Abbildung 229: Regionale Veränderungen anthropogener Lachgas-Emissionen 1980-2016; ....                                                 | 384 |
| Abbildung 230: Prozentuale Verteilung der Lachgas-Emissionen in den USA; .....                                                          | 385 |
| Abbildung 231: Lachgas-Bilanz im Zeitraum 2007 – 2016; .....                                                                            | 386 |
| Abbildung 232: Lachgas-Bildung über Nitrifikation/Denitrifikation im Boden; .....                                                       | 387 |
| Abbildung 233: Stickstoffverwertung am Beispiel Mais; .....                                                                             | 387 |
| Abbildung 234: Reaktionen von Wasserstoff in der oberen Atmosphäre; .....                                                               | 390 |
| Abbildung 235: Geschätzter Klimaeffekt durch Wasserstoffemissionen in Abhängigkeit von<br>Produktionsmenge und Leckagerate;.....        | 393 |
| Abbildung 236: Spezifischer Verbrauch von verschiedenen Mineralien in kg/Fahrzeug bzw. kg/MW<br>für verschiedene Energieerzeuger. ....  | 395 |
| Abbildung 237: Anteil der Mineralien, die für die Technik im Bereich der erneuerbaren, sauberen<br>Energietechnik gebraucht werden..... | 396 |
| Abbildung 238: Preisentwicklung für Rhodium zwischen 2020 und 2021. ....                                                                | 396 |
| Abbildung 239: Preisentwicklung für Iridium zwischen 2020 und 2021.....                                                                 | 397 |
| Abbildung 240: Gehalt von ausgewählten Substanzen in allen weltweit im Jahr 2016 verkauften<br>Smartphones. ....                        | 398 |
| Abbildung 241: Periodensystem der bedrohten Elemente. ....                                                                              | 401 |
| Abbildung 242: Bedarf an REE nach Endnutzungssektoren und Aufteilung des Bedarfs für<br>Magnete nach Masse Status 2020.....             | 404 |
| Abbildung 243: Zusätzliche Materialbedarfe für den Bau von Elektromotoren bei ausgewählten<br>REE. ....                                 | 404 |
| Abbildung 244: Kurzfristige Engpässe (2011 bis 2015) bei der Versorgung mit Rohstoffen.....                                             | 405 |
| Abbildung 245: Mittelfristige (Jahre 2015–2025) Engpässe bei der Versorgung mit Rohstoffen. .                                           | 405 |
| Abbildung 246: Anteil der russischen Importe an den deutschen Gesamtimporten.....                                                       | 408 |
| Abbildung 247: Produktion einiger Mineralien, die für die Energietransformation notwendig sind.<br>.....                                | 409 |
| Abbildung 248: Überblick über verschiedene Typen von Batterien mit und ohne Nickel. ....                                                | 409 |

|                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 249: Weltweiter Verbrauch von Nickel in den Jahren 2006 bis (2022).....                                                                                                                                                    | 410 |
| Abbildung 250: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Tonnen je Tonne erzeugten Kupfers in den Jahren 2000 bis 2020. ....                                                                                                                    | 412 |
| Abbildung 251: Globale Bilanz des Kupfermarktes gemäß „Rocky Road Scenario“.....                                                                                                                                                     | 413 |
| Abbildung 252: Weltweiter Bedarf an raffiniertem Kupfer.....                                                                                                                                                                         | 414 |
| Abbildung 253: Fördermengen von Mangan in 1.000 t (kt) nach Ländern im Jahr 2020. ....                                                                                                                                               | 415 |
| Abbildung 254: Nutzung verschiedener Mineralien für den Bau von Batterien für elektrische Fahrzeuge. ....                                                                                                                            | 416 |
| Abbildung 255: Lithiumproduktion nach Ländern. ....                                                                                                                                                                                  | 417 |
| Abbildung 256: Länder mit den größten Lithiumvorkommen im Jahr 2022 in kt. ....                                                                                                                                                      | 418 |
| Abbildung 257: Rohstoffmengen in Li-Ion-Batterien nach Rohstoffen im Jahr 2015 und Prognosen für die Jahre 2020 und 2025. ....                                                                                                       | 418 |
| Abbildung 258: Zeitliche Entwicklung der Kobalt-Förderung und -Produktion. ....                                                                                                                                                      | 420 |
| Abbildung 259: Weltweite Verfügbarkeit von Kobalt in ausgewählten Ländern 2021 und 2022) in 1.000 t. ....                                                                                                                            | 421 |
| Abbildung 260: Länder und Mengen, in die DR Kongo Rohstoffe exportiert, Angaben in 1000 USD. ....                                                                                                                                    | 422 |
| Abbildung 261: Globale End-of-Life-Recyclingraten von 60 Metallen. ....                                                                                                                                                              | 423 |
| Abbildung 262: Einsatz von Elementen bei der Konstruktion von Elektrolyseuren verschiedener Bauart und Brennstoffzellen. ....                                                                                                        | 424 |
| Abbildung 263: Die Minenproduktion von Platin aus fünf Ländern in den Jahren 2020 und 2021. ....                                                                                                                                     | 426 |
| Abbildung 264: Derzeitige (2021) Recyclingraten. ....                                                                                                                                                                                | 427 |
| Abbildung 265: Installierte Produktionskapazität für Lithium-Ionen-Batterien von ausgewählten Herstellern weltweit im Jahr 2017. ....                                                                                                | 434 |
| Abbildung 266: Statische Reichweite von Metallen der Seltenen Erden für einige Ländern im Jahr 2021. ....                                                                                                                            | 435 |
| Abbildung 267: Reserven an Seltenen Erden in ausgewählten Ländern im Jahr (2022). ....                                                                                                                                               | 436 |
| Abbildung 268: Prozessschema für die Produktion von Neodym.....                                                                                                                                                                      | 437 |
| Abbildung 269: Recycling-Einsatzquote in der EU.....                                                                                                                                                                                 | 438 |
| Abbildung 270: Recycling von Batterien und Akkumulatoren in der Zeit von 2011 bis 2019 für einige Länder der EU in Tonnen/a. ....                                                                                                    | 439 |
| Abbildung 271: Globale Rohstoffgewinnung pro Kopf zwischen 1900 und 2009.....                                                                                                                                                        | 440 |
| Abbildung 272: Rohstoffpotenzial hinsichtlich Ausbeute von Eisen, Kupfer und Aluminium.....                                                                                                                                          | 441 |
| Abbildung 273: Rohstoffverbrauch, Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Rohstoffproduktivität in Baden-Württemberg.....                                                                                                                     | 445 |
| Abbildung 274: Die kritischen Rohstoffe für Deutschland (Batterierohstoffe sind rot eingekreist). ....                                                                                                                               | 446 |
| Abbildung 275: Die kritischen Rohstoffe (hellblaues Rechteck) für die EU im Jahr 2017. ....                                                                                                                                          | 447 |
| Abbildung 276: Semi-quantitative Darstellung des Flusses von Rohstoffen und ihrem Versorgungsrisiko zu den neun ausgewählten Technologiesektoren in den Bereichen Erneuerbare Energie, e-Mobilität, Verteidigung und Raumfahrt. .... | 461 |
| Abbildung 277: Verteilung der Produktion Seltener Erden.....                                                                                                                                                                         | 462 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 278: Kosteneffektive Wasserstoff-Transportwege in 2050 in Abhängigkeit von Entfernung sowie Projekt- und Transportmenge.....                                                                                                                                                                      | 464 |
| Abbildung 279: Weltweit jährlich benötigte Investitionen für ein klimaneutrales Energiesystem (angepasst durch Autor).....                                                                                                                                                                                  | 466 |
| Abbildung 280: Durchschnittliche globale jährlich notwendige Energieinvestitionen nach Sektor und Technologie für das NZE-Szenario. ....                                                                                                                                                                    | 469 |
| Abbildung 281: Längen der Übertragungs- sowie der Verteilungsnetze für unterschiedliche Weltregionen. ....                                                                                                                                                                                                  | 471 |
| Abbildung 282: Durchschnittliche jährliche Investitionen nach Typ und Quelle im Energiesektor, 2016-2020, und nach Szenario, 2026-2030. ....                                                                                                                                                                | 472 |
| Abbildung 283: Globale Investitionen in Stromnetze im Net-Zero-Szenario. ....                                                                                                                                                                                                                               | 473 |
| Abbildung 284: Durchschnittliche jährliche Investitionen in Stromnetze nach Szenario. ....                                                                                                                                                                                                                  | 474 |
| Abbildung 285: Flexibilität des Elektrizitätssystems abhängig von Quelle und nach Szenario 2020 und 2050. ....                                                                                                                                                                                              | 475 |
| Abbildung 286: Globales Angebot treibhausgasarmer Energieträger je Sektor im Net Zero-Emissions-Szenario der IEA.....                                                                                                                                                                                       | 478 |
| Abbildung 287: Internationaler Erdgashandel nach Transportweg.....                                                                                                                                                                                                                                          | 479 |
| Abbildung 288: Weltweite Erdgaspipeline-Infrastruktur in (2022).....                                                                                                                                                                                                                                        | 480 |
| Abbildung 289: Länge von Erdgaspipelines nach Weltregion in (2022).....                                                                                                                                                                                                                                     | 481 |
| Abbildung 290: Investitionskosten und Transporttarife für große internationale Erdgas-Pipeline-Projekte (2000-2020).....                                                                                                                                                                                    | 482 |
| Abbildung 291: Einflussfaktoren auf die Kosten eines Pipeline-Projekts und deren prozentualer Zuschlag.....                                                                                                                                                                                                 | 483 |
| Abbildung 292: Anteilige durchschnittliche Investitionskosten für den Gastransport für die Pipeline und die Kompressorstationen.....                                                                                                                                                                        | 483 |
| Abbildung 293: Schematischer Vergleich von Kavernen- und Porenspeicher. ....                                                                                                                                                                                                                                | 485 |
| Abbildung 294: Unterirdische Erdgasspeicherkapazitäten der größten 15 Speichernationen in Mrd. Kubikmeter. ....                                                                                                                                                                                             | 486 |
| Abbildung 295: Weltweit bestehende Häfen mit Export- und Importmöglichkeiten von Ammoniak. ....                                                                                                                                                                                                             | 488 |
| Abbildung 296: Investitionskosten für Wasserstoff-Pipelines (links) und Gesamttransportkosten (rechts). ....                                                                                                                                                                                                | 491 |
| Abbildung 297: Das European Hydrogen Backbone in 2040. ....                                                                                                                                                                                                                                                 | 492 |
| Abbildung 298: Anteil von Energieträgern am Endenergieverbrauch.....                                                                                                                                                                                                                                        | 494 |
| Abbildung 299: Verbrauch gasförmiger Energieträger nach Typ und Szenario. ....                                                                                                                                                                                                                              | 495 |
| Abbildung 300: Limitationen für die Beimischung von Wasserstoff in ausgewählten Komponenten der Erdgasinfrastruktur (dunkelgrün: nach heutigem Stand ohne Umrüstung möglich, hellgrün: Umrüstungen notwendig, gelb: unklare Datenlage oder weitere Untersuchungen nötig, rot: technisch nicht möglich)..... | 497 |
| Abbildung 301: Steigende LCOH mit steigender Distanz wegen „boil-off“-Verlusten (250 kt/Jahr). ....                                                                                                                                                                                                         | 499 |
| Abbildung 302: Verteilung von Salzkavernen über Europa.....                                                                                                                                                                                                                                                 | 501 |
| Abbildung 303: Kosteneffektive Wasserstoff-Transportwege im Jahr 2050 in Abhängigkeit von Entfernung sowie Projekt- und Transportmenge.....                                                                                                                                                                 | 505 |

|                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 304: Transportkosten von Wasserstoff (1,5 MtH <sub>2</sub> /Jahr) als Funktion der Distanz unter optimistischen Kostenannahmen im Jahr 2050.....                                                                            | 506 |
| Abbildung 305: Bandbreite der Transportkosten bei Pipelines als Funktion von CO <sub>2</sub> -Transportrate pro Jahr. ....                                                                                                            | 509 |
| Abbildung 306: Vergleich von CO <sub>2</sub> -Transportmöglichkeiten. ....                                                                                                                                                            | 511 |
| Abbildung 307: Geschätzte Skalierung der CO <sub>2</sub> -Abscheidung bis zum Jahr 2030. ....                                                                                                                                         | 512 |
| Abbildung 308: Darstellung der Sektorenkopplung. ....                                                                                                                                                                                 | 515 |
| Abbildung 309: Anteil staatlicher Investitionen im Energiesektor. ....                                                                                                                                                                | 516 |
| Abbildung 310: Governance-Modi für Energieinfrastruktur. ....                                                                                                                                                                         | 517 |
| Abbildung 311: Aufbau der leitungsgebundenen Infrastrukturen für Strom (links) und Gas (rechts) .....                                                                                                                                 | 519 |
| Abbildung 312: Eigentumsverhältnisse weltweiter Stromerzeugung (in Betrieb und in Planung) im Jahr 2016. ....                                                                                                                         | 520 |
| Abbildung 313: Weltweite Investitionen im Energiesektor im Jahr 2019.....                                                                                                                                                             | 522 |
| Abbildung 314: Weltweit jährlich benötigte Investitionen für ein klimaneutrales Energiesystem (angepasst durch Autor).....                                                                                                            | 523 |
| Abbildung 315: Durchschnittliche jährliche Investitionen im Stromsektor in Mrd. USD/Jahr (C1: Unter 1,5 Grad und ohne oder kaum Overshoot, C2: Unter 1,5 Grad mit hohem Overshoot, C3: min. 66 % Wahrscheinlichkeit unter 2Grad)..... | 524 |
| Abbildung 316: Schematische Darstellung des Cashflows bei Infrastrukturprojekten.....                                                                                                                                                 | 525 |
| Abbildung 317: Typische Organisationsstruktur bei Projektfinanzierung. ....                                                                                                                                                           | 526 |
| Abbildung 318: Investitionskette: Interaktion des privaten und öffentlichen Sektors und Projektentwicklern. ....                                                                                                                      | 527 |
| Abbildung 319: Anteil der Staats-/SOE-Beteiligung an den weltweiten Energieinvestitionen nach Sektor, 2015 im Vergleich zu 2019. ....                                                                                                 | 528 |
| Abbildung 320: Finanzierung und Übernahme von Energieprojekten nach Finanzquelle.....                                                                                                                                                 | 530 |
| Abbildung 321: Herausforderungen und Lösungsansätze zur Mobilisierung von institutionellem Kapital für Infrastrukturinvestitionen. ....                                                                                               | 531 |

## 0.4 Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Tabelle 1: Das gesamte theoretische Wasserkraftpotenzial diverser Kontinente.</i>                                                                           | 53  |
| Tabelle 2: Globale Flotte von Kernspaltungsreaktoren                                                                                                           | 72  |
| Tabelle 3: Generationen von Kernreaktoren;                                                                                                                     | 73  |
| Tabelle 4: Liste der unter Konstruktion stehenden Kernspaltungskraftwerke                                                                                      | 89  |
| Tabelle 5: Liste von im Bau befindlicher Small Modular Reactors weltweit.                                                                                      | 91  |
| Tabelle 6: Steigerung des Rohstoffbedarfs für den Aufbau der Elektrolyseure für 8.100PJ von grünem Wasserstoff in der EU.                                      | 117 |
| Tabelle 7: Elektrolyse-Kennzahlen im Überblick                                                                                                                 | 127 |
| Tabelle 8: Überblick der verschiedenen Elektrolysetechnologien.                                                                                                | 138 |
| Tabelle 9: Überblick über die verschiedenen Wasserstoffbedarfsszenarien aus der Literatur.                                                                     | 142 |
| Tabelle 10: Großprojekte für Elektrolyse.                                                                                                                      | 156 |
| Tabelle 11: Relevante Eigenschaften von gasförmigem Wasserstoff für den Transport.                                                                             | 159 |
| Tabelle 12: Beispielkosten einer neuen Wasserstoffpipeline.                                                                                                    | 163 |
| Tabelle 13: Beispielprojekte für die Umrüstung von Erdgaspipelines für den Wasserstofftransport.                                                               | 164 |
| Tabelle 14: Beispielprojekte für die Beimischung von Wasserstoff in Gasnetze.                                                                                  | 166 |
| Tabelle 15: Operationale Salzkavernenprojekte für die Speicherung von Wasserstoff.                                                                             | 168 |
| Tabelle 16: Beispielkosten einer Salzkaverne.                                                                                                                  | 168 |
| Tabelle 17: Relevante Eigenschaften von flüssigem Wasserstoff für den Transport.                                                                               | 170 |
| Tabelle 18: Relevante Eigenschaften von Ammoniak für den Wasserstofftransport.                                                                                 | 175 |
| Tabelle 19: Relevante Eigenschaften von Methanol.                                                                                                              | 178 |
| Tabelle 20: Wichtige Eigenschaften für den Transport von Wasserstoff über T-MCH.                                                                               | 184 |
| Tabelle 21: Wichtige Eigenschaften für den Transport von Wasserstoff über DBT.                                                                                 | 184 |
| Tabelle 22: Rohstoffpreise für LOHC.                                                                                                                           | 186 |
| Tabelle 23: Kosten LOHC über gesamte Lieferkette in 1.000 €/a.                                                                                                 | 186 |
| Tabelle 24: Übersicht der Kosten für die Ammoniakproduktion.                                                                                                   | 193 |
| Tabelle 25: Übersicht der Kosten für die Methanolproduktion.                                                                                                   | 201 |
| Tabelle 26: Prognose für den Ölverbrauch im Jahr 2050 laut verschiedener Institutionen.                                                                        | 208 |
| Tabelle 27: Primärenergiepotenzial diverser Biorohstoffe zur Erzeugung von Bioenergie/Biokraftstoffen.                                                         | 214 |
| Tabelle 28: Bioenergiepotenzial laut verschiedener Institutionen.                                                                                              | 215 |
| Tabelle 29: Eigenschaften von HVO im Vergleich zu fossilem, entschwefeltem Diesel (EN 590), Fischer-Tropsch-Diesel (GTL) und Biodiesel auf Basis Rapsöl (RME). | 220 |
| Tabelle 30: Überblick über Zahlen aus dem Umfeld Carbon Capture.                                                                                               | 235 |
| Tabelle 31: Zusammenstellung von genutzten jährlichen CO <sub>2</sub> -Mengen im Jahr 2018.                                                                    | 236 |
| Tabelle 32: Zusammenstellung der CO <sub>2</sub> -Emissionen in Deutschland und Europa.                                                                        | 237 |
| Tabelle 33: Übersicht Anbieter und Kosten von DAC-Anlagen.                                                                                                     | 242 |

|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 34: Gegenüberstellung von einigen Kenngrößen bei HT-Aq und TSA.....                                                                                                         | 249 |
| Tabelle 35: Technical Readiness Level ausgewählter Verfahren.....                                                                                                                   | 259 |
| Tabelle 36: Übersicht verschiedener Verfahren zur CO <sub>2</sub> -Abscheidung und deren Kosten. ....                                                                               | 263 |
| Tabelle 37: Verschiedene Verfahren zur Stromerzeugung aus fossilen Kraftstoffen und aus Biomasse.....                                                                               | 267 |
| Tabelle 38: Technische Parameter mit Wirkungsgraden und Abfangraten für verschiedene Stromerzeugungsverfahren.....                                                                  | 268 |
| Tabelle 39: Wirkungsgradverluste bei CO <sub>2</sub> -Abscheideraten von 90 % für verschiedene Stromerzeugungsverfahren aus Tabelle 8. ....                                         | 268 |
| Tabelle 40: Ökonomische Daten zur CO <sub>2</sub> -Abscheidung bei der Stromerzeugung. ....                                                                                         | 269 |
| Tabelle 41: Existierende Fern-Pipelines für den Transport von CO <sub>2</sub> .....                                                                                                 | 277 |
| Tabelle 42: Vergleich der Gesamtlänge nationaler CO <sub>2</sub> -Pipelines.....                                                                                                    | 277 |
| Tabelle 43: Qualitätsanforderungen an das zu transportierende Gas.....                                                                                                              | 280 |
| Tabelle 44: CO <sub>2</sub> -basierte Produkte Produktionskapazitäten 2022 und Aussichten 2030. Abgeändert nach einer Pressemitteilung des nova Institutes vom 17. April 2023 ..... | 305 |
| Tabelle 45: von Ozeanen in den Jahren 1994 bis 2007 aufgenommene Mengen CO <sub>2</sub> nach zwei Modellrechnungen, Angaben in PgC (Petagram of Carbon);.....                       | 335 |
| Tabelle 46: Löslichkeitskonstanten von CO <sub>2</sub> in Wasser, NaCl-Lösungen und Seewasser (in 10 <sup>-4</sup> mol/Liter/atm); Quelle: Li & Tsui, 1971 .....                    | 337 |
| Tabelle 47: Löslichkeit (g/kg) von CO <sub>2</sub> und von Sauerstoff in Wasser bei 1013 mbar .....                                                                                 | 338 |
| Tabelle 48: Sektoren mit hohen CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Ländern/Kontinenten.....                                                                                            | 362 |
| Tabelle 49: Einige physikalische und chemische Eigenschaften von LNG. ....                                                                                                          | 363 |
| Tabelle 50: Vergleich von LNG- und Pipelinetransport. ....                                                                                                                          | 373 |
| Tabelle 51: Typische Zusammensetzung eines Fackelgases.....                                                                                                                         | 378 |
| Tabelle 52: Treibhausgaspotenzial von Wasserstoff; Quelle: Riemer (2022) .....                                                                                                      | 391 |
| Tabelle 53: Wasserstoffemissionen pro Sektor bei 1 % und 10 % angenommener Leckage .....                                                                                            | 391 |
| Tabelle 54: Schätzung von Wasserstoffleckagen entlang der Nutzungskette;.....                                                                                                       | 392 |
| Tabelle 55: Förderung und Reserven von Seltenen-Erden.....                                                                                                                          | 407 |
| Tabelle 56: Die größten Nickelproduzenten weltweit, Stand 2020.....                                                                                                                 | 408 |
| Tabelle 57: Verwendung von ausgewählten kritischen Elementen inklusive der Seltenen Erden, Tabelle sortiert nach Ordnungszahlen. ....                                               | 428 |
| Tabelle 58: Weltweiter Bedarf an Rohstoffen in Tonnen für die Produktion von Lithium-Ionen-Speichern im Jahr 2018 und die Prognose für das Jahr 2040. ....                          | 434 |
| Tabelle 59: Strategische und kritische Mineralien in Reports des DOD, die in verschiedenen Jahren zur Aufnahme in den National Defense Stockpile empfohlen wurden. ....             | 450 |
| Tabelle 60: Liste von im Vereinigten Königreich als kritisch eingestuften Materialien. ....                                                                                         | 451 |
| Tabelle 61: Liste der kritischen Rohstoffe der EU in 2020. ....                                                                                                                     | 456 |
| Tabelle 62: Liste der kritischen Minerale der US-amerikanischen Industrien.....                                                                                                     | 460 |
| Tabelle 63: Skalierung von Energieinfrastrukturen und wichtige Randbedingungen .....                                                                                                | 465 |
| Tabelle 64: Transportkosten für Energie nach Transportmodus. ....                                                                                                                   | 478 |
| Tabelle 65: Eigenschaften unterschiedlicher Pipelines im Gasnetz.....                                                                                                               | 481 |

---

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 66: Beispielkosten einer neuen Wasserstoffpipeline. ....                                                                                | 490 |
| Tabelle 67: Skalierung von Energieinfrastrukturen und wichtige Randbedingungen .....                                                            | 493 |
| Tabelle 68: Verwendungszwecke und Relevanz der bestehenden Gasinfrastruktur für ein<br>zukünftiges klimaneutrales Energiesystem in der EU ..... | 495 |
| Tabelle 69: Beispielprojekte für die Beimischung von Wasserstoff in Gasnetze.....                                                               | 497 |
| Tabelle 70: Operationale Salzkavernenprojekte für die Speicherung von Wasserstoff.....                                                          | 501 |
| Tabelle 71: Wichtige Eigenschaften für den Transport von Wasserstoff über T-MCH .....                                                           | 503 |
| Tabelle 72: Wichtige Eigenschaften für den Transport von Wasserstoff über DBT .....                                                             | 503 |
| Tabelle 73: Vor- und Nachteile verschiedener Transportmöglichkeiten von Wasserstoff .....                                                       | 504 |
| Tabelle 74: Infrastrukturentwicklung nach Gruppe und Potenzial für erneuerbare Energien .....                                                   | 513 |
| Tabelle 75: Wichtige Governance-Indikatoren, Akteure und Energieinfrastrukturen in Marokko,<br>Indien und Deutschland.....                      | 519 |
| Tabelle 76: Finanzierungsmethoden für Energieinfrastrukturen .....                                                                              | 526 |

## 2.15 Literaturverzeichnis

- Aatola, H. et al, Helsinki Tech. Univ., S. Mikkonen, Neste, „Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel“, SAE-Bericht 2008-01-2500
- Agentur für Erneuerbare Energien (2022). Flex im Test: Wie sich Bioenergie als Ausgleich am Strommarkt rechnet. <https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie/holzenergie/flex-im-test-wie-sich-bioenergie-als-ausgleich-am-strommarkt-rechnet>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Access Biomass Power Ltd. (2018). 400kW Biomass Gasification System. <https://sites.google.com/site/abcpowerkorea0826/financials-products/biomass-gasifier-power-plant>. Zugriffen: 03.03.2023.
- ACER (2015). UIC Report - Gas Infrastructure: 15-Infrastructure Unit Investment Costs-GAS- 20-07-2015 [https://www.acer.europa.eu/Official\\_documents/Acts\\_of\\_the\\_Agency/Publication/UIC%20Report%20-%20Gas%20infrastructure.pdf](https://www.acer.europa.eu/Official_documents/Acts_of_the_Agency/Publication/UIC%20Report%20-%20Gas%20infrastructure.pdf), zugriffen: 10.05.2023
- aenert (2022a). Energy industry in Morocco. <https://aenert.com/countries/africa/energy-industry-in-morocco/>. Zugriffen: 19.09.2022.
- aenert (2022b). Energy industry in India. <https://aenert.com/countries/asia/energy-industry-in-india/>. Zugriffen: 19.09.2022.
- aenert (2022c). Energy industry in Germany. <https://aenert.com/countries/europe/energy-industry-in-germany/>. Zugriffen: 19.09.2022.
- Aggreko (2022). What a waste – gas flaring (21.10.2022). [www.aggreko.com/en/aggreko-perspectives/what-a-waste-gas-flaring](http://www.aggreko.com/en/aggreko-perspectives/what-a-waste-gas-flaring). Zugriffen: 11.11.2022.
- Ahrens, R. (21. 12 2012). CO<sub>2</sub> als Rohstoff nutzen. Von [https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/chemie/CO<sub>2</sub>-rohstoff-nutzen/](https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/chemie/CO2-rohstoff-nutzen/) abgerufen
- Alberta Culture and Tourism (2019). Geothermal Energy throughout the Ages. <http://www.history.alberta.ca/energyheritage/energy/alternative-energy/geothermal-energy/geothermal-energy-throughout-the-ages.aspx>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Alfa Laval et al. (2020). White Paper: Ammonia fuel – an industrial view of ammonia as a marine fuel (August 2020).
- Aljazeera. (2014, 08 12). India uranium mining fuels health crisis. Retrieved from <https://www.aljazeera.com/features/2014/8/12/india-uranium-mining-fuels-health-crisis>
- Amanda, A., & David, K. (2013). Are global wind power resource estimates overated? ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS. [https://keith.seas.harvard.edu/files/tkg/files/160.adams\\_keith\\_globalwindpowerestimates.e.pdf](https://keith.seas.harvard.edu/files/tkg/files/160.adams_keith_globalwindpowerestimates.e.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- Andersson, J., & Grönkvist, S. (2019). Large-Scale Storage of Hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(23), 11901–11919. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.063>.
- Angler, M. (2022). Die EU importiert Flüssiggas, das schadet dem Klima. NZZ (18.5.2022).
- Anisimov, O., & Zimov, S. (2021). Thawing permafrost and methane emission in Siberia: Synthesis of observations, reanalysis, and predictive modelling. *Ambio*, 50, 2050-59. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01392-y>.
- Aramco. (2023). Managing our footprint - carbon curing. Von <https://www.aramco.com/en/sustainability/climate-change/managing-our-footprint/carbon-curing> abgerufen
- Arduin, I., Andrey, C., & Bossmann, T. (2022). What energy infrastructure will be needed by 2050 in the EU to support 1.5°C scenarios? *F1000Research*, 11(387). <https://doi.org/10.12688/f1000research.109399.1>.
- Aregbe, A. (2017). Natural Gas Flaring – Alternative Solutions. *World Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 139–153.
- Arnold, C. (2014). Once Upon a Mine: The Legacy of Uranium on the Navajo Nation. *Environ Health Perspect.* Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3915248/>
- Atasu, A., Duran, S., & van Wassenhove, L. N. (2021). The Dark Side of Solar Power. *Havard Business Review*. <https://hbr.org/2021/06/the-dark-side-of-solar->

power#:~:text=The%20High%20Cost%20of%20Solar%20Trash&text=While%20panels%20contain%20small%20amounts,an%20extremely%20low%20value%20material.&text=In%20addition%2C%20some%20governments%20may,they%20contain.  
Zugegriffen: 03.03.2023.

- Atwood, D.A. 2012. *The Rare Earth Elements: Fundamentals and Applications*. Lexington KY: Wiley.
- Aurora Energy Research (2021a). Companies are developing over 200 GW of Hydrogen electrolyser projects globally, 85 % of which are in Europe. <https://auroraer.com/media/companies-are-developing-over-200-gw-of-hydrogen-electrolyser-projects-globally-85-of-which-are-in-europe/>. Zugegriffen: 11.10.2021.
- Aurora Energy Research (2021b). *Hydrogen Market Attractiveness Report*. [https://auroraer.com/wp-content/uploads/2021/11/Aurora\\_Oct21\\_HydrogenMarketAttractivenessReport-freeREPORT-1.pdf](https://auroraer.com/wp-content/uploads/2021/11/Aurora_Oct21_HydrogenMarketAttractivenessReport-freeREPORT-1.pdf). Zugegriffen: 19.11.2021.
- Barclays (2019). *Oil in 3D*. <https://www.cib.barclays/content/dam/barclaysmicrosites/ib-public/documents/our-insights/oil/oil-in-3d.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BASF Venture Capital GmbH. (2023). *Solida Technologies Inc.* Von [https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/group-companies/BASF\\_Venture-Capital/portfolio/Solida-Technologies.html](https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/group-companies/BASF_Venture-Capital/portfolio/Solida-Technologies.html) abgerufen
- BASF (2023). *BASF*. Von <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/suppliers-and-partners/sustainability-in-procurement/product-carbon-footprint-of-raw-materials.html> abgerufen
- BASF (24. 05 2019). Von <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2019/05/p-19-218.html> abgerufen
- Batterieforum (2015). *BMBF Batterieforum*. [www.batterieforum-deutschland.de](http://www.batterieforum-deutschland.de): <https://www.batterieforum-deutschland.de/wp-content/uploads/2016/07/Batterieforum-Deutschland-Studie-2015.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Batterieforum (o. J.). *BMBF Batterieforum*. <https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/lexikon/aluminium-ionen-batterien/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Baumann, F. 2022a. "Hydrovolt: Europas größte Recyclinganlage nimmt den Betrieb auf."
- Baumann, F. 2022b. „Dieses Startup möchte das Recycling seltener Rohstoffe voranbringen“. BasicThinking.
- Baxter, A. (2021). *Bolivian Indigenous People Lose Out On Lithium*. <https://www.humanrightspulse.com/mastercontentblog/bolivian-indigenous-people-lose-out-on-lithium>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Baxter, L., Baxter, A., & Burt, S. (2009). *Cryogenic CO<sub>2</sub> Capture as a Cost-Effective CO<sub>2</sub> Capture Process*. Brigham Young Univ.
- BBH Gutachten Rechtliche Rahmenbedingungen für Carbon Capture and Storage (CCS) in Deutschland (2022). Kanzlei Becker, Büttner, Held. <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/5/2022/04/Gutachten.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BCG (2022). *How to Meet the Coming Demand for Hydrogen*. <https://www.bcg.com/publications/2022/how-to-meet-future-low-carbon-hydrogen-demand>. Zugegriffen: 17.09.2022.
- Bellona (2022a). *Rechtliche Rahmenbedingungen für Carbon Capture and Storage (CCS) in Deutschland*.
- Bellona (2022b). *Carbon-Management-Strategie*. [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/5/2022/12/20221220\\_Positionspapier\\_Carbon-Management-Strategie\\_final.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/5/2022/12/20221220_Positionspapier_Carbon-Management-Strategie_final.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Benoit, P. (2019). *Engaging State-owned enterprises in climate action*. Columbia University.
- BGR (2020). *Klimabilanz von Erdgas Hannover: BGR*. [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Produkte/bgr\\_literaturstudie\\_methanemissionen\\_2020.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Produkte/bgr_literaturstudie_methanemissionen_2020.html). Zugegriffen: 03.03.2023.
- BGR. (2021). *Kernbrennstoffe*. Retrieved from [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Kernbrennstoffe/kernbrennstoffe\\_node.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Kernbrennstoffe/kernbrennstoffe_node.html)

- Biomasse-Nutzung.de. (2023). Von <https://www.biomasse-nutzung.de/methanolwirtschaft-biooekonomie/> abgerufen
- Blanco, M. J., & Miller, S. (2017). Introduction to concentrating solar thermal (CST) technologies, *Advances in Concentrating Solar Thermal Research and Technology*. Woodhead Publishing, 3-25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100516-3.00001-0>.
- Block, S., & Viebahn, P. (2022). Direct Air Capture in Deutschland: Kosten und Ressourcenbedarf eines möglichen Rollouts im Jahr 2045, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 72(4), 14?17. Wuppertal Institut.
- Bloomberg (2021). C-Zero Raises USD11.5M Series A to Produce Clean Hydrogen from Natural Gas (09.02.2021). <https://www.bloomberg.com/press-releases/2021-02-09/c-zero-raises-11-5m-series-a-to-produce-clean-hydrogen-from-natural-gas>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BMBF (2023). Von <https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/umwelt-und-klima/ressourcen/kohlen-dioxid-als-rohstoff.html> abgerufen.
- BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022). 14. Berliner Agrarministerkonferenz – Abschlusskommuniqué 2022 – Nachhaltige Landnutzung: Ernährungssicherung beginnt beim Boden. <https://www.gffa-berlin.de/wp-content/uploads/2015/10/gffa-2022-kommunique-de.pdf>. Zugegriffen: 14. Oktober 2022.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. 2019. "Rohstoffstrategie der Bundesregierung."
- BMWK (ohne Zeitangabe). CCU/CCS: Baustein für eine klimaneutrale und wettbewerbsfähige Industrie. Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/weitere-entwicklung-ccs-technologien.html> abgerufen.
- BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (2017). EINEWELT braucht Wald – Das Waldaktionsplan der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. <https://www.bmz.de/resource/blob/23396/0f74ec8afb9fdb9a4ef374925b3a7/materialie317-waldaktionsplan-data.pdf>. Zugegriffen: 1. März 2023.
- BNEF/CIF (2021). Multiplying the transition. [https://www.cif.org/sites/cif\\_enc/files/knowledge-documents/cif\\_bnef\\_multiplying\\_the\\_transition.pdf](https://www.cif.org/sites/cif_enc/files/knowledge-documents/cif_bnef_multiplying_the_transition.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bosnjakovic, M., & Sinaga, N. (2020). The Perspective of Large-Scale Production of Algae Biodiesel. *Appl. Sci.*, 10(22), 8181. <https://doi.org/10.3390/app10228181>.
- Bork, H. (2021). PEM-Markt boomt ? China will sich eine Scheibe davon abschneiden. *PROCESS*. <https://www.process.vogel.de/pem-markt-boomt-china-will-sich-eine-scheibe-davon-ab-schneiden-a-1083111/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bouckaert, S., Pales, A. F., McGlade, C., et al. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. [https://read.oecd-ilibrary.org/energy/net-zero-by-2050\\_c8328405-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/energy/net-zero-by-2050_c8328405-en#page1). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bouyssou, J. (2021). Investors' Corner. <https://investors-corner.bnpparibas-am.com/investing/rare-earth-metals-how-to-limit-the-impact-of-the-clean-energy-transition/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- BP (2022). Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Brainwave Energy (2019). Brainwave Energy News Bulletin (18.09.2019).
- Brenneis, R., Johnson, E., Shi, W., et al. (2021). Atmospheric- and Low-Level Methane Abatement via an Earth-Abundant Catalyst. *ACS Environ. Au.*, 2(3). <https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00034>.
- Brown, T. (2021). Japan's Road Map for Fuel Ammonia. <https://www.ammoniaenergy.org/articles/japans-road-map-for-fuel-ammonia/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Bruegel (2021). How much investment do we need to reach net zero? <https://www.bruegel.org/blog-post/how-much-investment-do-we-need-reach-net-zero>. Zugegriffen: 21.09.2022.
- Buchert, M. 2018. "Recycling von Kobalt und Lithium für die Energiewende." HIF Resource Talk, Öko-Institut e.V. Freiberg.



- Bundesamt, U. (2023). Emissionsquellen. Von Umwelt Bundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-stationar-abgerufen>
- Bundesbank (2022). Multilaterale Entwicklungsbanken. <https://www.bundesbank.de/de/aufgaben/finanz-und-waehrungssystem/internationale-zusammenarbeit/mdbs/multilaterale-entwicklungsbanken-601970>. Zugriffen: 21.09.2022.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2020). Nationale Wasserstoffstrategie Berlin: BMWi. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=20](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20). Zugriffen: 25.11.2021.
- Bundesregierung. 2020. "Fortanschreibung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung."
- Bundesumweltamt (2009). CCS – Rahmenbedingungen des Umweltschutzes für eine sich entwickelnde Technik, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3804.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Bundesumweltamt (o.J. a) <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#entwicklung-seit-1990>, 30.3.2022
- Bundesumweltamt (o.J.) <https://www.umweltbundesamt.de/bild/lachgas-konzentration-in-der-atmosphaere-monats>, zugriffen 3.4.2023
- C-Zero (o. J.). Webseite C-Zero. <https://www.czero.energy/technology>. Zugriffen: 03.03.2023.
- C3S (2022) Copernicus Climate Change Service (C3S), European Union, press release: "Globally, the seven hottest years on record were the last seven; carbon dioxide and methane concentrations continue to rise", Jan 10, 2022
- Caglayan, D. G., Weber, N., Heinrichs, H. U., et al. (2020). Technical Potenzial of Salt Caverns for Hydrogen Storage in Europe. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(11): 6793–6805. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.161>.
- Capitanio, L., Ciferno, J., & Boswell, R. (2017). Methane Hydrate Science and Technology, a 2017 Update. NETL/US Department of Energy. <https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/2017-Methane-Hydrate-Primer%5B1%5D.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Capros, P., Zazias, G., Evangelopoulou, S., et al. (2019). Energy-system modelling of the EU strategy towards climate-neutrality. *Energy Policy*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110960>.
- Carbfix (o. J.). Proven. [www.carbfix.com/proven](http://www.carbfix.com/proven). Zugriffen: 03.03.2023.
- Carbon Cure. (2023). Cleaner Concrete, better Business. Von <https://www.carboncure.com/> abgerufen
- Carbon Recycling International. (2023). Carbon Recycling International. Von <https://www.carbonrecycling.is/> abgerufen
- CBD - Convention on Biological Diversity (2022). Kunming-Montreal Global biodiversity framework. <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>. Zugriffen: 2. März 2023
- CDmare (2022) [www.cdmare.de](http://www.cdmare.de), Fact Sheet "Kohlenstoffspeicher Ozean: So nimmt das Meer Kohlendioxid auf", CDmare Forschungsmission der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM), Grafik: IPCC WGI AR6, Kap.5, zugriffen 22.11.2022
- CDmare (2022a) „Verstärkte Kohlenstoff-Speicherung durch die Ausweitung der Wiesen und Wälder des Meeres“, accessed 5.Dec.2022 [www.cdmare.de/wp-content/uploads/2022/09/CDRmare\\_Kuestenoekosysteme\\_factsheet\\_220902](http://www.cdmare.de/wp-content/uploads/2022/09/CDRmare_Kuestenoekosysteme_factsheet_220902)
- Center for Climate and Energy Solutions (2020). Electric Energy Storage. <https://www.c2es.org/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Center for Sustainable Systems, University of Michigan. 2021. (2021). Nuclear Energy Factsheet. Retrieved from <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/nuclear-energy-factsheet>
- Cheisson, R., and E.J. Schelter. 2019. "Rare Earth Elements: Memdeleev's bane. modern matrvels." *Science*, Feb 1: Vol 363, pp 489-493.

- Chemie-Ingenieur-Technik 80 (7), 2008, 901-908
- Chemie.de. (2023). Von <https://www.chemie.de/lexikon/Methanolherstellung.html> abgerufen
- Chemieschule (2022) [www.chemie.schule/k7/k7ab/loeslichkeit-gase](http://www.chemie.schule/k7/k7ab/loeslichkeit-gase), zugegriffen 24.11.22
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>.
- Chunyan, Ma, F., & Hippel, v. (2008). Ending the Production of Highly Enriched Uranium for Naval Reactors. Retrieved from <https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/npr/81mahip.pdf>
- CIF (2022). Webseite Greenclimate. <https://www.greenclimate.fund/project/fp098#investment>. Zugegriffen: 21.09.2022.
- Clarens, A., Nassau, H., Resurreccion, E., et al. (2011). Environmental Impacts of Algae-Derived Biodiesel and Bioelectricity for Transportation. *Environ. Sci. Technol.*, 45(17), 7554-7560. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es200760n>.
- Clay, J., & Moltz. (2006). Global Submarine Proliferation: Emerging Trends and Problems. Retrieved from [https://web.archive.org/web/20070209223424/http://www.nti.org/e\\_research/e3\\_74.html](https://web.archive.org/web/20070209223424/http://www.nti.org/e_research/e3_74.html)
- Clean Energy Institute: University of Washington (2020). Lithium Ion Battery. <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Clean Energy Wire (2022). Fact Sheet (02.05.2022).
- CleanThinking (2021) <https://www.cleantinking.de/viking-energy-schiff-der-reederei-eidesvik-erhaelt-weltweit-erste-ammoniak-brennstoffzelle/>
- Climate and Clean Air Coalition (2020). Global Methane Budget (Paris, 15.07.2020). [www.ccacoalition.org](http://www.ccacoalition.org). Zugegriffen: 03.03.2023.
- CMS (2022). Hydrogen in the energy market. <https://cms.law/en/deu/insight/hydrogen/hydrogen-in-the-energy-market>. Zugegriffen: 17.09.2022.
- CNBC. (2022, 09 15). Bill Gates' company TerraPower raises \$750 million for nuclear energy and medicine innovation. Retrieved from <https://www.cnbc.com/2022/08/15/bill-gates-nuclear-company-terrapower-raises-750-million.html>
- CO<sub>2</sub> Value Europe. (2020). Carbon Capture and Utilisation (CCU) and EU ETS. Von <https://www.CO2value.eu/wp-content/uploads/2020/06/CVE-paper-on-CCU-in-ETS-Recommendations-for-the-revision-of-the-Monitoring-and-Reporting-Regulation-MRR.pdf> abgerufen
- Cop26 (2021) in Glasgow 02.11.2021
- COP26 (2021). Klimakonferenz in Glasgow (02.11.2021).
- Copernicus Climate Change Service (2022). Globally, the seven hottest years on record were the last seven; carbon dioxide and methane concentrations continue to rise (10.01.2022). <https://climate.copernicus.eu/copernicus-globally-seven-hottest-years-record-were-last-seven>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Covestro. (ohne Zeitangabe). Covestro - Global Corporate Website. Von CO<sub>2</sub> as a new raw material – becoming a jack of all trades: [https://www.covestro.com/en/sustainability/what-drives-us/circular-economy/alternative-resources/CO<sub>2</sub>-as-a-raw-material](https://www.covestro.com/en/sustainability/what-drives-us/circular-economy/alternative-resources/CO2-as-a-raw-material) abgerufen
- CSIRO (o.J.) <https://www.csiro.au/en/research/environmental-impacts/emissions/Global-greenhouse-gas-budgets/Global-nitrous-oxide-budget>, "2000 years of atmospheric nitrous oxide concentrations. Observations taken from ice cores and atmosphere" BoM/CSIRO/AAD, zugegriffen 3.4.2023
- Czechanowsky, Th. (2021) in energate <https://www.energate-messenger.de>. Zugegriffen 11.05.21
- Daliah, R. (2021). Technology Landscape: Key Players in Methane Pyrolysis, Lux Research (03.05.2021). <https://www.luxresearchinc.com/blog/technology-landscape-key-players-in-methane-pyrolysis>. Zugegriffen: 21.10.2021.
- Daumann, L. J. 2018. Wirklich unzertrennlich? Seltene Erden trennen und recyceln. GDCH.

- de Jonge M. M., Daemen, J., Loriaux, J. M., et al. (2019). Life cycle carbon efficiency of direct air capture systems with strong hydroxide sorbents. *Int. J. Greenh. Gas Control*, 80, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.11.011>
- DECHEMA und FutureCamp für den VCI. (2020). Roadmap Chemie 2050: Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. München.
- Decker, S. (16. 05 2018). planet wissen. Von <https://www.planet-wissen.de/natur/pflanzen/algen/pwiealgenimtank100.html> abgerufen
- Dehoust, G. et al. 2020. Weiterentwicklung von Handlungsoptionen einer ökologischen Rohstoffpolitik. Dessau-Roßlau.
- DeSantis, D., James, B., Houchins, C., et al. (2021). Cost of long-distance energy transmission by different carriers. *iScience*, 24(12). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8661478/>. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103495>.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2022). Basistabelle Bruttowertschöpfung: Sektor Landwirtschaft. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle\\_LWWertschoepfung.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_LWWertschoepfung.html). Zugriffen: 2. Januar 2023
- Deutsche Energie Agentur (Dena) (2021). Technische CO<sub>2</sub>-Senken – Kurzgutachten im Rahmen der dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Prognos AG, Berlin. <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/kurzgutachten-im-rahmen-der-dena-leitstudie-aufbruch-klimaneutralitaet/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Deutsche Welle (2021) <https://www.dw.com/de/faktencheck-ist-atomenergie-klimafreundlich-was-kostet-strom-aus-kernkraft/a-59709250>
- Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste. (2009). Verwendung von Kohlendioxid in der chemischen Industrie - Sachstand.
- Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) (2021). Energietabelle für die Umrechnung verschiedener Energieeinheiten und -äquivalente. [https://www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2016/01/Umrechnungstabelle\\_Energie.pdf](https://www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2016/01/Umrechnungstabelle_Energie.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- Dlugokencky, E. (o. J.). NOAA/GML. [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/). Zugriffen: 03.03.2023.
- Dlugokencky, E. (o.J.) NOAA/GML ([gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/))
- Dong, Z, and J.A. et al Mattocks. 2021. "Bridging Hydrometallurg and Biochemistry: a Protein-Based Process for Recovery and Separation of Rare Earth Elements." ASC Publications, 10 8: 1798-1808.
- DSM (2021). DSM plans new production site for Bovaer® in Dalry, Scotland, Heerlen, NL (09.11.2021). [www.dsm.com/corporate/news](http://www.dsm.com/corporate/news). Zugriffen: 03.03.2023.
- Duesenfeld GmbH (2021). Umweltfreundliches Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. <https://www.duesenfeld.com/recycling.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Duren, R., & Gordon, D. (2022). Tackling unlit and inefficient gas flaring, Emissions from flaring threaten the global climate and the health of local communities. *Science*, 377(6614), 1486-1487.
- Economic Times. (2018, 03 01). India, Russia, Bangladesh sign tripartite pact for civil nuclear co-operation. Retrieved from <https://economictimes.indiatimes.com/news/defence/india-russia-bangladesh-sign-tripartite-pact-for-civil-nuclear-cooperation/articleshow/63127669.cms?from=mdr>
- EFahrer (2022). Durchbruch bei Natrium-Ionen-Akku: Endlich ist ein großes Problem gelöst. [https://efahrer.chip.de/news/durchbruch-bei-natrium-ionen-akku-endlich-ist-ein-grosses-problem-geloest\\_108700](https://efahrer.chip.de/news/durchbruch-bei-natrium-ionen-akku-endlich-ist-ein-grosses-problem-geloest_108700). Zugriffen: 03.03.2023.
- EIA (2021). Hydropower and the environment. <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/hydropower-and-the-environment.php>. Zugriffen: 03.03.2023.
- EIA (2022). Geothermal Explained. (EIA US Energy Information Administration). <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/geothermal-power-plants.php>. Zugriffen: 03.03.2023.

- Energie-Lexikon (o. J.): Webseite Energie-Lexikon. [https://www.energie-lexikon.info/CO2\\_vermeidungskosten.html](https://www.energie-lexikon.info/CO2_vermeidungskosten.html). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Energies Nouvelles (2022). Cobalt in the Energy Transition: A Closer Look at Supply Risk. <https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/cobalt-energy-transition-closer-look-supply-risks>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Energy Information Administration – EIA (2013). EIA annual energy outlook 2013 (05.12.2012). Washington.
- Energy Storage News (2022). Construction starts on 1.4GWh compressed air energy storage unit in China (26.10.2022). <https://www.energy-storage.news/construction-starts-on-1-4gwh-compressed-air-energy-storage-unit-in-china/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Energy Storage News, & Potter, E. (2021). Vanadium flow batteries for a zero-emissions energy system. <https://www.energy-storage.news/vanadium-flow-batteries-for-a-zero-emissions-energy-system/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Energy Transition Commission (2021). Making Clean Electrification Possible: 30 Years to Electrify the Global Economy. <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2021/04/ETC-Global-Power-Report-.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Energy, U. D. (2015). Quadrennial Technology Review. [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/Quadrennial-Technology-Review-2015\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/Quadrennial-Technology-Review-2015_0.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Enervis (2017). Klimaschutz durch Sektorenkopplung: Optionen. Szenarien. Kosten. Studie der Enervis energy advisors GmbH im Auftrag von DEA, EWE, Gascasde, Open Grid Europe, Shell, Statoil, Thüga und VNG. Szenarien, Kosten. enervis energy advisors GmbH. Berlin.
- Engel, H., Hertzke, P., & Siccardo, G. (2019). Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- ENI (o. J.). Webseite ENI. <https://www.eni.com/eninext>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Enverus (o. J.). Natural Gas Flaring. <https://www.enverus.com/blog/natural-gas-flaring>. Zugegriffen: 21.10.2022.
- EPA (2021) "Inventory of U.S. Greenhouse gas Emissions and Sinks 1990-2019
- EPA (o. J.). Landfill Methane Outreach Program (LMOP). <https://www.epa.gov/lmop>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- EPA. (2022, 07 29). Radioactive Waste From Uranium Mining and Milling. Retrieved from <https://www.epa.gov/radtown/radioactive-waste-uranium-mining-and-milling>
- ESA (2021). Hydrogen Energy Storage. <https://energystorage.org/why-energy-storage/technologies/hydrogen-energy-storage/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Espinosa, Denise, and Jorge Tenório. 2006. "Recycling of nickel-cadmium batteries using coal as reducing agent." *Journal of Power sources*.
- Eurek, K., Sullivan, P., Gleason, M., et al. (2017). An Improved Global Wind Resource Estimate for Integrated Assessment Models. *Energy Economics*, 64, 552-567. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.015>.
- Euronews. (2022, 08 22). Europe's energy crisis: Russia gets approval to build two new nuclear reactors in Hungary. Retrieved from <https://www.euronews.com/2022/08/27/hungary-gives-russia-green-light-for-nuclear-reactor-expansion>
- Europäische Kommission (2009). Richtlinie 2009/31 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid. (23.04.2009). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0114:0135:DE:PDF>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Europäische Kommission (2011) <https://www.ce-richtlinien.eu/ce-richtlinien/rohs-richtlinie-zur-beschaenkung-der-verwendung-bestimmter-gefaehrlicher-stoffe-in-elektro-und-elektronikgeraeten/>, zugegriffen 15.05.2023
- European Commission (2017). Requirements for safe and reliable CO<sub>2</sub> transportation pipeline (SARCO<sub>2</sub>), EUR 28918.

- European Commission (2018). 2050 long-term strategy: in-depth analysis Brussels: European Commission. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en). Zugegriffen: 03.03.2023.
- European Commission (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. Luxembourg.
- European Hydrogen Backbone Initiative (2020). European Hydrogen Backbone: European Hydrogen Backbone Initiative.
- European Investment Bank Group (2020). >€1 trillion for <1.5°C: European Investment Bank Group. [https://www.eib.org/attachments/thematic/eib\\_group\\_climate\\_and\\_environmental\\_ambitions\\_en.pdf](https://www.eib.org/attachments/thematic/eib_group_climate_and_environmental_ambitions_en.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- European Regional Development Fund & Interreg (2021). Combined Heat and Power. [https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/01/BackgroundInfo\\_Combined-Heat-and-Power\\_LowTEMP.pdf](https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/01/BackgroundInfo_Combined-Heat-and-Power_LowTEMP.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- European Technology Platform for Zero emission fossil fuel Power Plants (o. J.). Webseite Zero Emissions Plattform. <https://zeroemissionsplatform.eu/>. Zugegriffen: 03.03.2023. [LJ3][JL4]
- European Union – EU (2022). Copernicus Sentinel-2 imagery (24.08.2022).
- European Union. (2015). Nuclear safety. Retrieved from [https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/nuclear-safety\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/nuclear-safety_en)
- Eurostat (2023) Recycling of batteries and accumulators [https://ec.europa.eu/eurostat/data-browser/view/env\\_wasbat/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/data-browser/view/env_wasbat/default/table?lang=en)
- Experte 1 (2021). Einschätzung zum Markthochlauf der Elektrolysetechnologie.
- Exxon Mobil. (ohne Zeitangabe). Von <https://www.planet-wissen.de/natur/pflanzen/algen/pwieal-genimtank100.html> abgerufen
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>. Zugegriffen: 28. Februar 2023
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). The State of World's Forests - Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. <https://doi.org/10.4060/cb9360en>. Zugegriffen: 28. Februar 2023
- Farley, J. (2020). Correspondence between Jack Farley of Apex Compressed Air Energy Storage and PNNL (23.09.2020).
- Farm Energy (2019). Algae for Biofuel Production (03.04.2019). <https://farm-energy.extension.org/algae-for-biofuel-production/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Fasihi, M., Efimova, o., & Breyer, C (2019). Techno-economic assessment of CO<sub>2</sub> direct air capture plants, J. of cleaner Production, 224, 957?980. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.086>
- FASTWATER Consortium (2021). Report on methanol supply, bunkering guidelines, and infrastructure. <https://www.fastwater.eu/downloads/public-d-7-1-methanol-supply-bunkering-guidelines-and-infrastructure-available-for-download>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- FEMP (2016). Biomass For Electricity Generation. <https://www.wbdg.org/resources/biomass-electricity-generation>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- First Solar (2021). <https://www.firstsolar.com/en-Emea/modules/recycling>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Fischer, L. 2011. "Die Rohstoffkrisen der Zukunft." Spektrum.
- Fischer, T.; Knuth, H. (2023): CO<sub>2</sub>-Zertifikate – Grün getarnt. In: ZEIT vom 18.1.2023. <https://www.zeit.de/2023/04/CO2-zertifikate-betrug-emissionshandel-klimaschutz>. Zugegriffen: 2. März 2023
- Flareintel (2019). Minimise Flaring Gas (04.10.2019). <https://www.flareintel.com/insights/minimise-flaring-gas-near-existing-pipelines>. Zugegriffen: 22.10.2022.
- Flareintel (2022). Minimise Flaring Gas (12.10.2022). <https://www.flareintel.com/insights/minimise-flaring-gas-near-existing-pipelines>, 12.10.2022. Zugegriffen: 22.10.2022. [JL8]

- FNB (2022). Fernleitungsgasnetz: FNB. <https://fnb-gas.de/deutschland-sicher-mit-erdgas-versorgen/fernleitungsnetz/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Focus (2015). Erdbeben-Gefahr durch unterirdische CO<sub>2</sub>-Speicherung. Focus Online (10.09.2015). [https://www.focus.de/wissen/klima/erdbeben-gefahr-durch-unterirdische-CO<sub>2</sub>-speicher-lagerung-von-kohlendioxid\\_id\\_2041899.html](https://www.focus.de/wissen/klima/erdbeben-gefahr-durch-unterirdische-CO2-speicher-lagerung-von-kohlendioxid_id_2041899.html). Zugriffen: 03.03.2023.
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft FÖS (2020) „Gesellschaftliche Kosten der Atomenergie in Deutschland“, [https://foes.de/publikationen/2020/2020-09\\_FOES\\_Kosten\\_Atomenergie.pdf](https://foes.de/publikationen/2020/2020-09_FOES_Kosten_Atomenergie.pdf), zugegriffen 17.05.2023
- Forest Research (2021). Typical calorific values of fuels. <https://www.forestryresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/biomass-energy-resources/reference-biomass/facts-figures/typical-calorific-values-of-fuels/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Fortum (2022). Lithium-ion Battery Recycling Technology. <https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-technology>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Frankfurt School (2022). GCF Monitor: FS-UNEP Collaborating Centre.
- Frankfurter Rundschau (2022). Niederlande: Gasförderung lässt Erdbebengefahr steigen. Frankfurter Rundschau (31.01.2022). <https://www.fr.de/panorama/niederlande-gas-groningen-erdbeben-gasfeld-deutschland-nachfrage-robert-habeck-91269703.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Fraunhofer IEE (2022). The limitations of hydrogen blending in the European gas grid.
- Fraunhofer ISE (2021). Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Fraunhofer ISE. (2020). Von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/echtzeit-einblicke-in-die-methanolsynthese-dynamischer-betrieb-einer-miniplant-anlage-am-fraunhofer-ise.html> abgerufen
- Frazer Nash Consultancy (2022) , Auftragsstudie „Fugitive Hydrogen Emissions in a Future Hydrogen Economy“, UK Government Publication, FNC 012865-53172R, Issue 1, March 2022
- Friedlingstein, P. (2022) et al, „Global Carbon Budget 2022“, Earth System Science Data, Vol. 14, issue 11, 4811–4900 (2022)
- Friedlingstein, P. et al. (2022): Global Carbon Budget 2021. Earth System Scientific Data, 14, 1917–2005, 2022. <https://essd.copernicus.org/articles/14/1917/2022/>. Zugriffen: 27. April 2022
- frontier economics (2019). The Value of Gas Infrastructure in a Climate-Neutral Europe. A Study Based on Eight European Countries. <https://www.frontier-economics.com/uk/en/news-and-articles/news/news-article-i6086-the-future-value-of-gas-infrastructure-in-a-climate-neutral-europe/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Fthenakis, V., Kim, H. C., Frischknecht, R., et al. (2011). Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems. IEA. [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/rep12\\_10.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/rep12_10.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- Fuel Cells and Hydrogen Observatory (2021). Chapter 2: 2021 Hydrogen supply and demand Brüssel. <https://www.fchobservatory.eu/index.php/reports>. Zugriffen: 06.10.2021.
- Fundamental Trajectory (2015). Biofuels from unconventional sources. <https://fundamentaltrajectory.wordpress.com/2015/10/19/biofuels-from-unconventional-sources-part-1-why-develop-biofuels/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Future Bridge (2022). Green Hydrogen from Wastewater: A Viable Option? <https://www.futurebridge.com/industry/perspectives-energy/green-hydrogen-from-wastewater-a-viable-option/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Future Bridge (2022). Sector Coupling in Europe. <https://www.futurebridge.com/blog/sector-coupling-in-europe-barriers-policy-recommendations-developments/?print=print>. Zugriffen: 19.09.2022.

- Gabbatiss, J. (2020). Coal mines emit more methane than oil-and-gas sector. Carbon Brief (24.03.2020).
- Gambogi, J. (2015). Critical Mineral Resources of the United States – Economic and Environmental Geology. <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/o/pp1802o.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Gas Exporting Countries Forum (2022). GECF Global Gas Outlook Synopsis 2050.: Gas Exporting Countries Forum.
- Gas Infrastructure Europe (2021). Picturing the value of underground gas storage to the European hydrogen system. <https://www.gie.eu/gie-presents-new-study-picturing-the-value-of-underground-gas-storage-to-the-european-hydrogen-system/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- GasConTec (o. J.). Webseite GasConTec. <https://www.GasConTec.com>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Gasparatos, A., Stromberg, P., & Takeuchi, K. (2013). Sustainability impacts of first-generation bio-fuels. *Animal Frontiers*, 3(2), 12-26. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0011>
- Gautier, M., Rohani, V., & Fulcheri, L. (2017). Direct decarbonization of methane by thermal plasma for the production of hydrogen and high value-added carbon black. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2(47), 28140-28156
- GCF (2022). DBSA Climate Finance Facility. <https://www.greenclimate.fund/project/fp098#investment>. Zugegriffen: 21.09.2022.
- Gebhart, P. (2018). Abwasser- Klärschlamm- Klärgas, der Weg zu einem Energieträger. Aktiver Klimaschutz – Behandlung und Verwertung von Methan, Techniken für Deponie-, Gruben-, und Klärgas. VDMA.
- Gelinsky, K. (2022). Verantwortung der Unternehmen. Ein Preisschild für die Natur. In: FAZ vom 30.11.2022. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/verantwortung-der-unternehmen-ein-preisschild-fuer-die-natur-18497365.html>. Zugegriffen: 21. Dezember 2022
- Gielen, D., Lyons, M. (IRENA). 2022. Critical materials for the energy transition: Rare earth elements, Abu Dhabi.
- GIF (2021). GIF Annual Highlights 2021: GIF.
- Girardin, C., Jenkins, S., Seddon, N., Allen, M., Lewis, S., Wheeler, C., Griscom, B. & Malhi, Y. (2021). Nature-based solutions can help cool the planet — if we act now, *Nature*, 593, 191–194
- Global Carbon Project (o. J. a). Webseite Global Carbon. <https://www.globalcarbonproject.org>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Carbon Project (o. J. b). Methane Budget. <https://www.globalcarbonproject.org/methane-budget/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global CCS Institute (2014). CO<sub>2</sub> Pipeline Infrastructure. [https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/120301/CO<sub>2</sub>-pipeline-infrastructure.pdf\[LJ5\]](https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/120301/CO2-pipeline-infrastructure.pdf[LJ5]). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global CCS Institute (2021). Global Status of CCS 2021, Australia. [https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2023/01/Global-Status-of-CCS-2021-Global-CCS-Institute-1121-1-1.pdf\[LJ6\]](https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2023/01/Global-Status-of-CCS-2021-Global-CCS-Institute-1121-1-1.pdf[LJ6]). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global CCS Institute (o. J.). Webseite Global CCS Institute. [https://www.globalccsinstitute.com/CO<sub>2</sub>re/](https://www.globalccsinstitute.com/CO2re/). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Energy Monitor (2021). Global Fossil Infrastructure Tracer. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-fossil-infrastructure-tracker/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Energy Monitor (2022). Global Gas Infrastructure Tracker: Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-gas-infrastructure-tracker/tracker/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Energy Monitor (2022). Global Gas Infrastructure Tracker. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-gas-infrastructure-tracker/>. Zugegriffen: 11.03.2022.
- Global Methane Initiative (2020). Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities. [www.globalmethane.org](http://www.globalmethane.org). Zugegriffen: 03.03.2023.

- Global Solar Atlas (2018). Global Photovoltaic Power Potenzial by Country. <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potenzial-study>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Global Wind Atlas (2022). Webseite Global Wind Atlas. <https://globalwindatlas.info/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- GlobalData Thematic Research & MiningTechnology. (2022, 10 26). Robotics – indispensable tools for the future of mining. Retrieved from <https://www.mining-technology.com/comment/robotics-future-mining/>
- Goldmeer, J. (2021). Fuel Flexible Gas Turbines as Enablers for a Low Carbon or Reduced Energy System. General Electric Company. [https://www.ge.com/content/dam/ge-power/global/en\\_US/documents/fuel-flexibility/GEA33861%20Power%20to%20Gas%20-%20Hydrogen%20for%20Power%20Generation.pdf](https://www.ge.com/content/dam/ge-power/global/en_US/documents/fuel-flexibility/GEA33861%20Power%20to%20Gas%20-%20Hydrogen%20for%20Power%20Generation.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Goldthorpe, S. (2017), „Potenzial for Very Deep Ocean Storage of CO<sub>2</sub> Without Ocean Acidification: A Discussion“, Energy Procedia Volume 114, July 2017, p.5417-542, 2017
- Gonzales, A. (2020). The Battery Paradox. Centre for Research on Multinational Corporations. <https://www.somo.nl/declaration-on-mining-and-the-energy-transition-ahead-of-cop26/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Goonan, T. (2011). Rare Earth Elements – End Use and Recyclability. <https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5094/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Göß, S. (2022). Raketenprogramm für deutsche LNG-Terminals. <https://blog.energybrainpool.com/raketenprogramm-fuer-deutsche-ling-terminals/>. Zugegriffen: 17.09.2022.
- GOV.UK (2018). Webseite Government. <https://www.gov.uk/government/publications/call-for-ccus-innovation-literature-review-benchmarking-report-and-calculator>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Greenfacts (o. J.). Webseite Greenfacts. [https://www.greenfacts.org/en/CO<sub>2</sub>-capture-storage/l-3/4-transport-carbon-dioxide.htm](https://www.greenfacts.org/en/CO2-capture-storage/l-3/4-transport-carbon-dioxide.htm). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Greenpeace (2011). Webseite Greenpeace. [https://www.greenpeace.de/publikationen/20110901-CO<sub>2</sub>-Endlager-Risiko.pdf](https://www.greenpeace.de/publikationen/20110901-CO2-Endlager-Risiko.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Griscom, B.W.; Adams, J.; Ellis, P.W.; Houghton, R.A.; Lomax, G.; Miteva, D.A.; Schlesinger, W.H.; Shoch, D.; Siikamäki, J. V.; Smith, P.; Woodbury, P.; Zganjar, C.; Blackman, A.; Campari, J.; Conant, R.T.; Delgado, C.; Elias, P.; Gopalakrishna, T.; Hamsik, M.R.; Her-rero, M.; Kiesecker, J.; Landis, E.; Laestadius, L.; Leavitt, S.M.; Minnemeyer, S.; Polasky, S.; Potapov, P.; Putz, F.E.; Sanderman, J.; Silvius, M.; Wollenberg, E.; Fargione, J. (2017) Natural climate solutions. Proc. Natl. Acad. Sci. 201710465. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1710465114>
- Gruber, N. (2019) et al, “The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub> from 1994 to 2007”, Science, Vol. 363, 1193-1199, (2019)
- Grumptmann, S. (2018). Grubengas – Das ungewollte Gas. Aktiver Klimaschutz – Behandlung und Verwertung von Methan, Techniken für Deponie-, Gruben-, und Klärgas. VDMA.
- Grytz, Michael (2021) Löst Transmutation das Atomüll-Problem? abgefragt <https://www.tageschau.de/wissen/forschung/belgien-forschungsreaktor-myrha-101.html> am 23.03.2023
- Guardian. (2022, 12 12). Breakthrough in nuclear fusion could mean ‘near-limitless energy’. Retrieved from <https://www.theguardian.com/environment/2022/dec/12/breakthrough-in-nuclear-fusion-could-mean-near-limitless-energy>
- Gundes, S. (2022). Trends in Global Infrastructure Investment and Financial Consequences. European Journal of Sustainable Development, 11(1), 66–76. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2022.v11n1p66>.
- H<sub>2</sub>-Industries (o. J.). Wasserstoff aus Fackelgas. [https://h<sub>2</sub>-industries.com/wasserstoff-aus-fackel-gas](https://h2-industries.com/wasserstoff-aus-fackel-gas). Zugegriffen: 31.10.2022.
- Hafner, M., & Luciani, G. (2022). The Palgrave Handbook of International Energy Economics. Springer Nature.
- Handelsblatt. (07. 05 2021). Von <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/innovationweek/75-ideen/chemische-industrie-vom-klimakiller-zum-rohstoff-kann-kohlendioxid-oel-und-gas-ersetzen/27152076.html> abgerufen



- Harrison, St (2021) "Technologies for turquoise hydrogen production", presentation, World hydrogen Leaders, 26.May 2021
- Hein, C. (2022). Das erste Wasserstoff-Schiff der Welt ist unterwegs. Frankfurter Allgemeine Zeitung (21.01.2022). <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/das-erste-wasserstoff-schiff-der-welt-ist-unterwegs-17743640.html>. Zugriffen: 11.03.2022.
- Heinemann, C. (2021). Sustainability Dimensions of Imported Hydrogen. <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/sustainability-dimensions-of-imported-hydrogen>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Heinzel, A., Hering, W., Konys, J., et.al. (2017). Liquid Metals as Efficient High-Temperature Heat-Transport Fluids. *Energy Technology*, 5, 1026-1036. <https://doi.org/10.1002/ente.201600721>.
- Hepburn, C. e. (2019). The technological and economic prospects for CO<sub>2</sub> utilization and removal. *Nature*.
- Hergersberg, P. (31. 05 2019). Ein Klimagas befeuert die Chemie. Von <https://www.mpg.de/13534799/kohlendioxid-nutzung-in-der-chemie> abgerufen
- Herlyn, E. (2021). Naturbasierte Lösungen - aktuelle Herausforderungen und zukünftige Potenzial, in: F.–T. Gottwald, J. Plagge, & F. J. Radermacher (Hrsg.): Klimapositive Landwirtschaft - Mehr Wohlstand durch naturbasierte Lösungen, (S. 13 – 28). Tectum: Baden-Baden
- Hess, D., Klumpp, M., & Dittmeyer, R. (2021). Nutzung von CO<sub>2</sub> aus Luft als Rohstoff für synthetische Kraftstoffe und Chemikalien, Karlsruher Institut für Technologie. [https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvii/intern/Dateien/PDF/29-01-2021-DAC-Studie-Executive\\_Summary.pdf](https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvii/intern/Dateien/PDF/29-01-2021-DAC-Studie-Executive_Summary.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- HiiROC (o. J.). Webseite HiiROC. [www.HiiROC.com](http://www.HiiROC.com). Zugriffen: 22.10.2021.
- Hoes, O. A. C., Meijer, L. J. J., van der Ent, R. J., et al. (2017). Systematic high-resolution assessment of global hydropower potenzial. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171844>.
- Hohmann, M. (2021). Statistiken zu Wasserstoff. <https://bit.ly/2YLUhWS>. Zugriffen: 06.10.2021.
- Holcim. (10 2020). RECYCLING WITH FASTCARB. Von <https://www.holcim.com/media/media-releases/tackling-waste-fastcarb> abgerufen
- Holz, F., & Kemfert, C. (2020). No Need for New Natural Gas Pipelines and LNG Terminals in Europe. *DIW focus 5* (19.7.2020). [https://www.diw.de/de/diw\\_01.c.794645.de/publikationen/diw\\_focus/2020\\_0005/no\\_need\\_for\\_new\\_natural\\_gas\\_pipelines\\_and\\_lng\\_terminals\\_in\\_europe.html](https://www.diw.de/de/diw_01.c.794645.de/publikationen/diw_focus/2020_0005/no_need_for_new_natural_gas_pipelines_and_lng_terminals_in_europe.html). Zugriffen: 03.03.2023.
- Howarth, R. W. (2019). Ideas and perspectives: is shale gas a major driver of recent increase in global atmospheric methane? *Biogeosciences*, 16, 3033–3046. <https://de.bellona.org/publication/rechtliche-rahmenbedingungen-fur-carbon-capture-and-storage-ccs-in-deutschland/>. Zugriffen: 03.03.2023.[JL1]
- Hughes, L., & Beck, F. J. (2022). Japan wants to burn ammonia for clean energy – but it may be a pyrrhic victory for the climate. <https://theconversation.com/japan-wants-to-burn-ammonia-for-clean-energy-but-it-may-be-a-pyrrhic-victory-for-the-climate-174782>. Zugriffen: 09.03.2022.
- Hume, D. (2018), "Ocean Storage of CO<sub>2</sub>", *The Maritime Executive*, 29.7.2018
- Hydrogen Council/McKinsey & Company (2021). Hydrogen Insights Brüssel. <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Hydrogen Europe (2022). Hydrogen Transport & Distribution. Hydrogen Transport & Distribution: Hydrogen Europe. <https://hydrogeneurope.eu/tech-descriptions/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Hydrogen Import Coalition (2021). Shipping sun and wind to Belgium is key in climate neutral economy: Hydrogen Import Coalition. <https://www.deme-group.com/sites/default/files/2021-01/Hydrogen%20Import%20Coalition%20Final%20Report.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Hydrostor (2022). Hydrostor Secures USD250 Million Investment from Goldman Sachs Asset Management to Accelerate Growth (10.01.2022). <https://www.hydrostor.ca/hydrostor-secures->

- us250-million-investment-from-goldman-sachs-asset-management-to-accelerate-growth/.  
Zugegriffen: 03.03.2023.
- IAEA & ARIS. (2020). Advances in Small Modular Reactor Technology Development. Retrieved from [https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_Book\\_2020.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf)
- IAEA. (2000). THE NEED FOR NUCLEAR POWER. Retrieved from <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull42-2/42204784350.pdf>
- IAEA. (2018). Codes of Conduct. Retrieved from <https://www.iaea.org/topics/codes-of-conduct>
- IAEA. (2021 a, 11 06). What are Small Modular Reactors (SMRs)? Retrieved from <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>
- IAEA. (2022 a). New IAEA Report Presents Global Overview of Radioactive Waste and Spent Fuel Management. Retrieved from [https://www.iaea.org/newscenter/news/new-iaea-report-presents-global-overview-of-radioactive-waste-and-spent-fuel-management#:~:text=In%20terms%20of%20overall%20volume,%20Dlevel%20waste%20\(HLW\)](https://www.iaea.org/newscenter/news/new-iaea-report-presents-global-overview-of-radioactive-waste-and-spent-fuel-management#:~:text=In%20terms%20of%20overall%20volume,%20Dlevel%20waste%20(HLW))
- IAEA. (2022 b). List of Member States. Retrieved from <https://www.iaea.org/about/governance/list-of-member-states>
- IEA (2008a). CO<sub>2</sub> Capture and storage: A Key Carbon Abatement Option [https://www.iea.org/reports/CO<sub>2</sub>-capture-and-storage-a-key-carbon-abatement-option](https://www.iea.org/reports/CO2-capture-and-storage-a-key-carbon-abatement-option). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2008b). Energy Technology Perspectives. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0e190efb-daec-4116-9ff7-ea097f649a77/etp2008.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2019). World Energy Outlook. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2020). An introduction to biogas and biomethane. <https://www.iea.org/reports/outlook-for-bio-gas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-bio-methane>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2020). Methane Tracker. [www.iea.org/reports/methane-tracker-2020](http://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2020a). Share of government/SOE ownership in global energy investment by sector, 2015 compared to 2019. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-government-soe-ownership-in-global-energy-investment-by-sector-2015-compared-to-2019>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2020b). World Energy Investment. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ef8ffa01-9958-49f5-9b3b-7842e30f6177/WEI2020.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021). About CCUS. [www.iea.org/reports/about-ccus](http://www.iea.org/reports/about-ccus). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021). The role of critical Minerals in Clean Energy Transitions. IEA Publications.
- IEA (2021a) Hydrogen Projects Database. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-projects-database>. Zugegriffen: 19.11.2021.
- IEA (2021a). Ammonia Technology Roadmap. <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap/executive-summary>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021a). Energy Storage. <https://www.iea.org/reports/energy-storage>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021b). Hydrogen: More efforts needed. <https://www.iea.org/reports/hydrogen>. Zugegriffen: 25.11.2021.
- IEA (2021b). Net Zero by 2050. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021b). The Role of Critical Minerals in the Energy Transition. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021c). About CCUS. <https://www.iea.org/reports/about-ccus>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IEA (2021d). Global Hydrogen Review 2021. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- IEA (2021e). World Energy Outlook 2021: IEA Publications. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- IEA (2022). Oil supply in the net zero pathway, 2020-2050. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/oil-supply-in-the-net-zero-pathway-2020-2050>. Zugriffen: 03.03.2023.
- IEA Bioenergy (2007). Potenzial Contribution of the Bioenergy to the World's Future Energy Demands. IEA. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Potenzial-Contribution-of-Bioenergy-to-the-Worlds-Future-Energy-Demand.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- IEF-STE (2010) Weltweite Innovationen bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO<sub>2</sub>, <https://www.itmc.rwth-aachen.de/cms/ITMC/~fspy/Forschung/>, zugriffen: 13.03.2023
- IFP Energies Nouvelle (2023) <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr>
- IGU (2022). IGU-World-LNG-Report-2022. <https://www.igu.org/resources/world-lng-report-2022/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- IGU (2022a). Global Gas Report 2022: International Gas Union. <https://www.igu.org/resources/global-gas-report-2022/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- IGU (2022b). World LNG Report 2022: International Gas Union. <https://www.igu.org/resources/world-lng-report-2022/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- ILO – International Labour Organization, UNEP – United Nations Environment Programme, IUCN - International Union for Conservation of Nature (2022). Decent Work in Nature-based Solutions 2022. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/documents/publication/wcms\\_863035.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_863035.pdf). Zugriffen: 12. Januar 2023
- INES (2022). Gasspeichertypen. <https://erdgasspeicher.de/erdgasspeicher/gasspeichertypen/>. Zugriffen: 17.09.2022.
- Ingenieur.de. (2022). Von [https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/innovationen-in-der-baubranche/zementwerk-beckum-testet-CO<sub>2</sub>-abscheidung/](https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/innovationen-in-der-baubranche/zementwerk-beckum-testet-CO2-abscheidung/) abgerufen
- International Energy Agency (2021). Global Hydrogen Review 2021. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>. Zugriffen: 11.03.2022.
- International Maritime Organization (o. J.). Fuels of the future to decarbonize shipping. <https://imo.org/en/MediaCentre/Pages/WhatsNew-1392.aspx>. Zugriffen: 03.03.2023.
- International Renewable Energy Agency (2022). Geopolitics of the Energy Transformation ? The Hydrogen Factor. <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>. Zugriffen: 10.03.2022.
- IRENA and Methanol Institute (2021) Innovation Outlook : Renewable Methanol, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
- IPBES - Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://ipbes.net/global-assessment>. Zugriffen: 14. Dezember 2022
- IPCC – International Panel on Climate Change (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. [https://report.ipcc.ch/ar6/wg3/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_Full\\_Report.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6/wg3/IPCC_AR6_WGIII_Full_Report.pdf). Zugriffen: 22. Dezember 2022
- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge and New York 2001, entnommen aus: [www.bildungsserver.hamburg.de/treibhausgase/2055556/kohlenstoffkreislauf-ozean-artikel/](http://www.bildungsserver.hamburg.de/treibhausgase/2055556/kohlenstoffkreislauf-ozean-artikel/), zugriffen 7.12.2022
- IPCC (2005). srccs technical summary, Carbon Dioxide Capture and Storage. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs\\_wholereport-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_wholereport-1.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Zugriffen: 03.03.2023.

- IPCC Report (2014) AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change — updated Feb 15, 2023
- IPCC (2022). Von [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf) abgerufen
- IRENA (2016). End-of-life management: Solar Photovoltaic Panels. IRENA & IEA. <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2018). Global Energy Transformation. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA\\_Report\\_GET\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2019). Future of Solarphotovoltaik. [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023
- IRENA (2020). Global Renewables Outlook. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_Global\\_Renewables\\_Outlook\\_2020.pdf?rev=1f416406e50d447cbb2247de30d1d1d0](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf?rev=1f416406e50d447cbb2247de30d1d1d0). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2021). Fostering livelihoods with decentralised renewable energy.
- IRENA (2021). IRENA Statistics (19.12.2021). <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2021a). Innovation outlook: renewable methanol Abu Dhabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA\\_Innovation\\_Renewable\\_Methanol\\_2021.pdf?rev=ca7ec52e824041e8b20407ab2e6c7341](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf?rev=ca7ec52e824041e8b20407ab2e6c7341). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2022). Bioenergy for the Energy Transition: : Ensuring Sustainability and Overcoming Barriers. <https://www.irena.org/publications/2022/Aug/Bioenergy-for-the-Transition>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2022a). Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part II – Technology review of hydrogen carriers Abu Dhabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA\\_Global\\_Trade\\_Hydrogen\\_2022.pdf?rev=3d707c37462842ac89246f48add670ba](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_Global_Trade_Hydrogen_2022.pdf?rev=3d707c37462842ac89246f48add670ba). Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA (2022b). A Quarter of Global Hydrogen Set for Trading by 2050. <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2022/Jul/A-Quarter-of-Global-Hydrogen-Set-for-Trading-by-2050>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- IRENA, & METHANOL INSTITUTE (2021). Innovation Outlook: Renewable Methanol. Abu Dhabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA\\_Innovation\\_Renewable\\_Methanol\\_2021.pdf?rev=ca7ec52e824041e8b20407ab2e6c7341](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf?rev=ca7ec52e824041e8b20407ab2e6c7341). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Jackson, R. B., Saunio, M., Bousquet, P. et al. (2020). Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environ. Res. Lett.* 15(7), 071002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9ed2>.
- Jacobson, M. (2005) et al, “Hydrogen Effects on Climate, Stratospheric Ozone, and Air Pollution”, GCEP Technical Report 2005, Global Climate and Energy Project, Stanford Univ., <http://gcep.stanford.edu> zugegriffen 3.4.2023
- Jacoby, M. (2019). It's time to get serious about recycling lithium-ion batteries. <https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Jakob, M., & Steckel, J. C. (2022). The political economy of coal: obstacles to clean energy transitions. New York: Routledge.
- Jens, J., van der Leun, K., Peters, D., et al. (2021). Extending the European Hydrogen Backbone Utrecht: Gas for Climate. [https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/European-Hydrogen-Backbone\\_April-2021\\_V3.pdf](https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/European-Hydrogen-Backbone_April-2021_V3.pdf). Zugegriffen: 21.03.2021.
- Jin, Y. L. (2022). Low-solvation electrolytes for high-voltage sodium-ion batteries. <https://www.nature.com/articles/s41560-022-01055-0>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- Joardder, M. U. H., Halder, P. K., Rahim, M. A., et al. (2017). Solar Pyrolysis: Converting Waste Into Asset Using Solar Energy. *Clean Energy for Sustainable Development*, 213-235. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805423-9.00008-9>.
- Joas, F. W. (2020). Klimaneutrale Industrie Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement STUDIE. . Agora-Energiewende.
- Johnson, M. R., Tyner, D. R., & Szerekes, A. J. (2021). Blinded evaluation of airborne methane source detection using Bridger Photonics LiDAR. *Remote Sensing of Environment*, 259, 112418.
- Jones, E., van Vliet, M., Qadir, M., et al. (2021). Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and re-use. <https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2020-156/essd-2020-156-manuscript-version2.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Kähler, F. P. (2023). RCI Report: Carbon Flows. Compilation of supply and demand of fossil and renewable carbon on a global and European level. Renewable Carbon Initiative.
- Kalt, G., Thunshirn, P., & Haberl, H. (2021a). A global inventory of electricity infrastructures from 1980 to 2017: Country-level data on power plants, grids and transformers. *Data in Brief*, 38, 107351.
- Kalt, G., Thunshirn, P., Wiedenhofer, D., et al. (2021b). Material stocks in global electricity infrastructures—An empirical analysis of the power sector's stock-flow-service nexus. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 105723.
- Karangwa, E. (2008). Estimating the cost of pipeline transportation in Canada. <https://ctrf.ca/wp-content/uploads/2014/07/Karangwa2008.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Karatairi, E., & Ambrosini, A. (2018). Improving the efficiency of concentrating solar power systems. *MRS Bulletin*, 43, 920-921. <https://doi.org/10.1557/mrs.2018.301>.
- KBR Advisory Consulting (2021). Hydrogen Carrier Economics.
- KBR Advisory Consulting (2021). Hydrogen Carrier Economics.
- Kearns, J. (2017). Developing a consistent database for regional geologic CO<sub>2</sub> storage capacity worldwide. *Energia Procedia*, 114, 4697.
- Kearns, J., Teletzke, G., Palmer, J., et al (2017). Developing a consistent database for regional geologic CO<sub>2</sub> storage capacity worldwide, *Energia Procedia*, 114, 4697. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1603>.
- Keith, D., Holmes, G., St. Angelo, D., et al. (2018). A Process for Capturing CO<sub>2</sub> from the Atmosphere, *Joule*, 2(8), 1573-1594. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006>
- Kersch, F., Stary, A., Gleis, S., et.al. (2021). Low-carbon hydrogen production via electron beam plasma methane pyrolysis: Techno- economic analysis and carbon footprint assessment. *International Journal of Hydrogen Energy* 46(38), 19897-19912.
- Khan, M. A., Young, C., & Layzell, D. B. (2021a). The Techno-Economics of Hydrogen Pipelines. <https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2021/12/Hydrogen-Pipelines-30Nov2021-PUBLISH-V2.0-1-Dec-2021.pdf>. Zugegriffen: 21.03.2021.
- Khan, M. A., Young, C., & Layzell, D.B. (2021). The Techno-Economics of Hydrogen Pipelines. <https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2021/12/Hydrogen-Pipelines-30Nov2021-PUBLISH-V2.0-1-Dec-2021.pdf>. Zugegriffen: 21.03.2021.
- Khan, M. A., Young, C., Mackinnon, C., et al. (2021b). The Techno-Economics of Hydrogen Compression: The Transition Accelerator. <https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2021/10/TA-Briefs-1.2-The-Techno-Economics-of-Hydrogen-Compression-FINALPDF.pdf>. Zugegriffen: 10.03.2021.
- Kholod, N., Evans, M., Pilcher, R., et al. (2020). Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120489>.
- Klell, H. K., Kindermann, H., & Jögl, C. (2009). Thermodynamics of gaseous and liquid hydrogen storage. *International Hydrogen*. <https://www.yumpu.com/en/document/read/50843308/thermodynamics-of-gaseous-and-liquid-hydrogen-storage>. Zugegriffen: 03.03.2023.

- KNDE2045 (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045, Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut.
- Kommission, Europäische. 2011. "MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN, GRUNDSTOFFMÄRKTE UND ROHSTOFFE: HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE." Brüssel, CELEX 52011DC0025.
- Kreidelmeyer, S., Hans, D., Almut, K., et al. (2020). Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. Berlin: Prognos.
- Kreysa, G. "Methan – Chance für eine klimaverträgliche Energieversorgung",
- Kroker, H. (2015). Wie der Schatz der Tiefsee gefördert werden soll. WELT Wissen (02.03.2015). <https://www.welt.de/wissenschaft/article137973409/Wie-der-Schatz-der-Tiefsee-gefoerdert-werden-soll.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Kröll, S. (2020). Net4Energy.
- Kubiak, M. (2021). Is There a Hydrogen Future for Nord Stream Two? Eurasia Daily Monitor, 18(31).
- Kuckshinrich, W., Markewitz, P., Linßen, J., et al. (2010). Weltweite Innovationen bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO<sub>2</sub>. Forschungszentrum Jülich. <http://hdl.handle.net/2128/3733>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Küffner, G. (2022). Das Klimagas Kohlendioxid dauerhaft wegsperren, in: FAZ vom 9.6.2022. <https://zeitung.faz.net/faz/unternehmen/2022-06-09/5985077892accfa5d6df1255848ef29b/>. Zugegriffen: 30. Januar 2023
- Kupferinstitut, Deutsches. 2019. "Recycling von Kupferwerkstoffen." Düsseldorf.
- Kurland, S. D. (2019). Energy use for GWh-scale lithium-ion battery production. <https://iop-science.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab5e1e>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Lander, L., Cleaver, T., Rajaeifar., M. A., et al. (2021). Financial viability of electric vehicle lithium-ion battery recycling. iScience. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102787>.
- LanzaTech. (2023). Von <https://lanzatech.com/about/> abgerufen
- Lavaux, T., (2022). Des émissions massives de méthane par l'industrie pétrolière et gazière détectées depuis l'espace. CNRS Pressemitteilung (03.02.2022).
- Lazard (2016). Lazard's Levelised Cost of Storage – Version 2.0. <https://www.lazard.com/media/438042/lazard-levelized-cost-of-storage-v20.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Lazard (2021a). Lazard's Levelised Cost of Storage Analysis – Version 7.0. <https://www.lazard.com/media/451882/lazards-levelized-cost-of-storage-version-70-vf.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Lazard (2021b). Lazard's Levelised Cost of Hydrogen Analysis – Version 2.0. <https://www.lazard.com/media/451922/lazards-levelized-cost-of-hydrogen-analysis-version-20-vf.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Lazard. (2020). LAZARD'S LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS. Retrieved from <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>
- Lebelhuber, C., & Steinmüller, H. (2019). How and to which extent can the gas sector contribute to a climate-neutral European energy system? A qualitative approach. Energy, Sustainability and Society, 9(23). <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-019-0207-2>.
- LePan, N. (2021). Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/rare-earth-elements-where-in-the-world-are-they/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Lewicka, E. et al. 2021. On the Possibilities of Critical Raw Materials Production from the EU's Primary Sources. Resources 19(5) 50.
- Li, J.-f., Ye, J.-l., Qin, Y.-w., et al. (2018). The first offshore natural gas hydrate production test in South China Sea. China Geology, 1(1), 5-16.

- Li, X.-S., Yang, B., Li, G., et al. (2012). Numerical Simulation of Gas Production from Natural Gas Hydrate Using a Single Horizontal Well by Depressurization in Qilian Mountain Permafrost. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 51(11), 4424–4432.
- Li, Y.H. (1971) et al., „The Solubility of CO<sub>2</sub> in Water and Seawater, *J. of Geophysical Research Atmospheres* 76, p. 4203-4207 (1971)
- Liu, C. M., Sandhu, N. K., McCoy, S. T., et al. (2020). A life cycle assessment of greenhouse gas emissions from direct air capture and Fischer ? Tropsch fuel production. *Sustain. Energy Fuels*, 4, 3129–3142.
- Liu, P., & Barlow, C. Y. (2018). Wind Turbine Blade Waste in 2050. University of Cambridge Institute for Manufacturing. [https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/263878/Liu\\_and\\_Barlow-2017-Waste\\_Management-AM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/263878/Liu_and_Barlow-2017-Waste_Management-AM.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Zugegriffen. 03.03.2023.
- Löfken, J.O. „Klimarisiko Wasserstoff?“, *Bild der Wissenschaft*, 01.04. Juni 2003
- Lohninger, H. (o.J.) Anorganische Chemie, [www.anorganik.chemie.vias.org/kohlendioxid](http://www.anorganik.chemie.vias.org/kohlendioxid)
- Longstaff, X. (2017, 02 11). The Health and Environmental Impact of Uranium Mining. Retrieved from <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/longstaff1/>
- Louergue, L., Schilt, A., Spahni, R. et al. (2008). Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH<sub>4</sub> over the past 800,000 years, *Nature*, 453, 383–386. <https://doi.org/10.1038/nature06950>.
- Lowes, R., & Woodman, B. (2020). Models of governance for energy infrastructure: UK Energy Research Centre. <https://ukerc.ac.uk/publications/governance-models/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- 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, *NatEnergy*, 6, 1035?1044. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00922-6>. Supplementary Information.
- Mahnke, E. (2015). CO<sub>2</sub>-Verpressung: Probleme aus der Tiefe. Heinrich Böll Stiftung. [https://www.boell.de/de/2015/06/02/CO<sub>2</sub>-verpressung-probleme-aus-der-tiefe](https://www.boell.de/de/2015/06/02/CO2-verpressung-probleme-aus-der-tiefe). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Mahnke, E. (2015). CO<sub>2</sub>-Verpressung: Probleme aus der Tiefe. Heinrich Böll Stiftung. [https://www.boell.de/de/2015/06/02/CO<sub>2</sub>-verpressung-probleme-aus-der-tiefe](https://www.boell.de/de/2015/06/02/CO2-verpressung-probleme-aus-der-tiefe). Zugegriffen: 03.03.2023.
- MAN Energy Solutions (2020), Press release, Copenhagen 21.10.2020
- Markewitz, P., Kuckshinrichs, W., Linssen, J., et al. (2010). Weltweite Innovation bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO<sub>2</sub>. *Schriften des Forschungszentrums Jülich*, 60.
- Markewitz, P., Zhao, L., Robinius, M. (2017). Technologiebericht 2.3, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung CCS innerhalb des Forschungsprojektes TF\_Energiewende. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Massey, J. (2021). Carbon Capture, Utilisation & Storage (CCUS): a green power global event.
- Massey, J. (2021). Carbon Capture, Utilisation & Storage (CCUS). A Green power Global event Dec 7th-9th.
- Massey, J. (2022). Hydrogen Storage, Transport & Distribution.
- Mauler, L., Duffner, F., Zeier, W., et al. (2021). Battery Cost Forecasting: A review of methods and results with an outlook to 2050. *Energy & Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.1039/D1EE01530C>.
- Max-Planck-Gesellschaft. (2022). Von [https://www.mpg.de/5597354/kohlendioxid\\_methanolsynthese\\_energiespeicher](https://www.mpg.de/5597354/kohlendioxid_methanolsynthese_energiespeicher) abgerufen
- McKinsey (2008). Carbon Capture and Storage: Assessing the Economics. [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com). Zugegriffen: 03.03.2023.

- McKinsey (2021). Curbing Methane Emissions (23.09.2021). <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/curbing-methane-emissions-how-five-industries-can-counter-a-major-climate-threat>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- McKinsey & Company (2021). Wasserstoffbedarf in Deutschland 2050 nach Gebietsclustern. <https://bit.ly/3iPzitn>. Zugegriffen: 11.10.2021.
- McQueen, N., Psarras, P., Pilorgé, H., et al. (2020). Cost Analysis of Direct Air Capture and Sequestration Coupled to Low-Carbon Thermal Energy in the United States, *Environ. Sci. Technol* 54(12), 7542–7551. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00476>. Supplement to McQueen Cost Analysis of DAC es0c00476\_si\_001.pdf
- Mende, R. n.d. "Rückgewinnung von Lithium aus heimischen Rohstoffen mittels COOL- Prozess." TU Freiberg, Masterarbeit.
- Mertens, K. (2014). *Photovoltaics: Fundamentals, Technology & Practice*. Wiley.
- Methanex (2021). Methanex: The Global Methanol Leader: INvestor Presentation 2021.
- Methanol Institute (o. J.). Methanol Price and Supply Demand. <https://www.methanol.org/methanol-price-supply-demand/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Meti (2020). <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-1.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Millar, N. (2014) et al, "Management of Nitrogen fertilizer to Reduce Nitrous Oxide Emissions from Field Crops", *ClimateChange and Agriculture Fact Sheets, Bulletin E3152*, Univ. of Michigan, Nov. 2014
- Mills, M.; Malhi, Y.; Ewers, R.; Kho, L.; Teh, Y.; Both, S.; Burslem, D.; Majalap, N.; Nilus, R.; Huaraca Huasco, W.; Cruz, R.; Pillco, M.; Turner, E.; Reynolds, G. & Riutta, T. (2023). Tropical forests post-logging are a persistent net carbon source to the atmosphere, *PNAS* Vol. 120, No. 3. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2214462120> . Zugegriffen: 12. Januar 2023
- Minh, T. H., Allinson, G., Wiley, D. E. (2008). Reducing the Cost of CO<sub>2</sub> Capture from Flue Gases Using Pressure Swing Adsorption, *Ind. Eng. Chem. Res.* 47, 4883–4890.
- Minke, Christine et al. 2021. "Is iridium demand a potential bottleneck in the realization of large-scale PEM water electrolysis?" *International Journal of Hydrogen Energy* 23581-23590.
- Mischler, Gerd. 2022. Einkauf + Technik. <https://www.technik-einkauf.de/rohstoffe/kritische-rohstoffe/einkauf-iridium-superharter-rohstoff-der-neutronensterne-215.html>.
- Mohammed, Alwaeli, V., & Mannheim. (2022). Investigation into the Current State of Nuclear Energy and Nuclear Waste Management—A State-of-the-Art Review. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/12/4275>
- Mongird, K., Viswanathan, V., Alam, J., et al. (2020). 2020 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment. <https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/Final%20%20ESGC%20Cost%20Performance%20Report%2012-11-2020.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Mordor Intelligence. (2023). Von <https://mordorintelligence.com/de/industry-reports/methanol-market> abgerufen
- Moridis, G. J., Collett, T. S., Dallimore, S. R., et al. Numerical studies of gas production from several CH<sub>4</sub> hydrate zones at the Mallik site, Mackenzie Delta, Canada. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 43, 219–238. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2004.02.015>.
- Msheik, M., Rodat, S., & Abanades, S. (2021). Methane Cracking for Hydrogen Production ? A Review of Catalytic and Molten Media Pyrolysis, *Energies*, 14(11), 3107. <https://doi.org/10.3390/en14113107>.
- Nastase, E.-V. (2017). Influence of the material used to build the blades of a wind turbine on their starting conditions. *MATEC Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201711210017>.
- Nagler, A., & Gerace, S. (2020). First and Second Generation Biofuels. [https://waferx.montana.edu/documents/fact\\_sheets/1st%20v%202nd.pdf](https://waferx.montana.edu/documents/fact_sheets/1st%20v%202nd.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.



- Nakajima, Y. (2008) et al, „Development of CO<sub>2</sub> Injection method for CO<sub>2</sub> ocean storage” presented at AIChE Annual Meeting (San Francisco, CA 11/12-17/2008)
- Nasa (2019). NASA Webseite. [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology\\_readiness\\_level](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level). Zugriffen: 03.03.2023.
- Nasa (2022) [www.nai.nasa.gov/annual-reports/2010/jpl-icy-worlds/habitability-of-icy-worlds](http://www.nai.nasa.gov/annual-reports/2010/jpl-icy-worlds/habitability-of-icy-worlds), zugegriffen Dec 2, 2022
- National Geographic. (2022, 12 13). Scientists achieve a breakthrough in nuclear fusion. Here's what it means. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.com/science/article/scientists-achieve-breakthrough-nuclear-fusion>
- Nechita-Banda, N. (2015). Variations in the atmospheric methane budget after the Mount Pinatubo eruption. Thesis, Univ. Utrecht.
- Neitzel, D. (2021). Kritische Rohstoffe - der große Überblick. Technik + Einkauf.
- Neitzel, D. (2022a). "BMW recycelt Nickel, Lithium und Kobalt aus E-Auto-Batterien."
- Neitzel, D. (2022b). "Was tun gegen die Abhängigkeit von russischen Rohstoffen?" Technik+Einkauf.
- Neitzel, D. 2022c. Wer sind die Zulieferer für Lithium=. Technik+Einkauf.
- NETL National Energy Techn. Lab (2021). Carbon Capture and Storage Database. <http://netl.doe.gov>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Nickel recycling. August 04.2022 <https://nickelinstitute.org/en/policy/nickel-life-cycle-management/nickel-recycling/>.
- Nielsen, R. (2021) „Topsoes Ammonia Cracking Technology – Delivering Green Hydrogen, Haldor Topsoe A/S, Nov. 2021
- Niermann, M., Drünert, S., Kaltschmitt, M., et al. (2019). Liquid organic hydrogen carriers (LOHCs) techno-economic analysis of LOHCs in a defined process chain. Energy & Environmental Science, 12(1). <https://doi.org/10.1039/C8EE02700E>
- NOW GmbH, <https://www.now-gmbh.de/aktuelles/pressemitteilungen/synthetisches-methanol-als-maritimer-kraftstoff-grossprojekt-startet-im-januar-2023-in-bremerhaven/>
- Nova Institut. (17. 04 2023). Von [www.nova-institute.eu/press](http://www.nova-institute.eu/press) abgerufen
- NREL (2009). Gasification Technology for Clean, Cost-Effective Biomass Electricity Generation. <https://www.nrel.gov/docs/legosti/fy97/23370.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- NREL (2020). Life Cycle Assessment Harmonization. <https://www.nrel.gov/analysis/life-cycle-assessment.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- NREL (2021). Hydropower: Setting a Course for Energy Future. <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34916.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- NS Energy. (2022). Onkalo Nuclear Waste Disposal Facility. Retrieved from <https://www.nsen-energybusiness.com/projects/onkalo-nuclear-waste-disposal-facility/#:~:text=Expected%20Start%20of%20Operation%20%3A&text=Scheduled%20to%20commence%20operations%20in,operational%20life%20of%20100%20years>
- Nucleopedia (o.J.) [https://de.nucleopedia.org/wiki/Datei:Reaktorgenerationen\\_Chart.svg](https://de.nucleopedia.org/wiki/Datei:Reaktorgenerationen_Chart.svg)
- Nucleopedia (o.J.a) <https://de.nucleopedia.org/wiki/Generation>
- NuScale. (2022, 05 02). NuScale Power Completes Merger with Spring Valley Acquisition Corp. to Create World's First and Only Publicly Traded Provider of Transformational Small Modular Nuclear Reactor Technology. Retrieved from <https://www.nuscale-power.com/en/news/press-releases/2022/nuscale-completes-merger-with-spring-valley>
- NZ (2021) "The science of nitrous oxide", NZ Agricultural Greenhouse gas Research Center , 1.12.2021
- Ocean-Climate (2022) [www.ocean-climate.org](http://www.ocean-climate.org), Fact Sheets, International Ocean & Climate Initiatives Alliance, zugegriffen 22.11.2022
- Ocko, I. (2022), Hamburg, St. „Climate consequences of hydrogen emissions", Atmos.Che.Phys. 22, 9349 (2022), zugegriffen 25.3.2023

- Ocko, I. B., Sun, T., Shindell, D., et al. (2021). Acting rapidly to deploy readily available methane mitigation measures by sector can immediately slow global warming. *Environ. Res. Lett.*, 16, 054042.
- OECD (o. J.). Methyl Alcohol. <https://oec.world/en/profile/hs/methyl-alcohol>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- OECD (2015). Policy guidance for investment in clean energy infrastructure. <https://www.oecd.org/environment/policy-guidance-for-investment-in-clean-energy-infra-structure-9789264212664-en.htm>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- OECD (2018). Energy sector SOEs: You have the power! <http://t4.oecd.org/cgfi/resources/Green-Finance-and-Investment-Insights-Energy-Sector-SOEs-You-Have-the-Power.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Oil Free Air (2021). Compressed Air Energy Storage. <https://www.oilfree-air.eu/compressed-air-energy-storage-caes/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Ojjiagwo, E., Oduoza, C., & Emekwuru, C. (2016). Economics of gas to wire technology applied in gas flare management. *Engineering Science and Technology*, 19(4), 2109-2118.
- Orchard, K., Hay, M., Ombudstvedt, I., et al. (2021). The Status and Challenges of CO<sub>2</sub> Shipping Infrastructures. 15th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies.
- Osieczko, K., Dusan, M., & Gazda, A. (2019). Factors determining the construction and location of underground gas storage facilities. *Acta Montanistica Slovaca*, 24(3), 234–244.
- Ostovari, H. S. (2020). Rock ‘n’ use of CO<sub>2</sub>: carbon footprint of carbon capture and utilization by mineralization. *Sustain. Energy Fuels*, 4, S. 4482–4496.
- Otto, A. (2015). Chemische, verfahrenstechnische und ökonomische Bedeutung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff in der chemischen Industrie, Energie & Umwelt. FZ Jülich, 268.
- Our World in Data (2019). Land Use. <https://ourworldindata.org/land-use>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data (2019). What share of people have access to electricity? <https://ourworldindata.org/energy-access#:~:text=At%20a%20global%20level%2C%20the,increased%20to%2087%25%20in%202016>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data (2020). Cumulative Installed Solar Capacity. <https://ourworldindata.org/grapher/installed-solar-pv-capacity>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data (2022). Renewables in the electricity mix. <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-solar>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in data (o. J.). Our World in Data Webseite. [https://ourworldindata.org/CO<sub>2</sub>-emissions#global-CO<sub>2</sub>-emissions](https://ourworldindata.org/CO2-emissions#global-CO2-emissions). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Our World in Data. (2022 a). How does the land use of different electricity sources compare? Retrieved from <https://ourworldindata.org/land-use-per-energy-source>
- Our World in Data. (2022 b). Nuclear and renewables are far, far safer than fossil fuels. Retrieved from <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>
- Our World in Data. (2022c). Nuclear Energy. Retrieved from <https://ourworldindata.org/nuclear-energy#citation>
- Our World in Data (2022d) Sector by Sector: Where do global greenhouse gas emissions come from, <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>, Zugegriffen am 01.06.2023
- Parkinson, B., Balcombe, P., Speirs, J. F., et al. (2019). Levelized cost of CO<sub>2</sub> mitigation from hydrogen production routes, *Energy & Environmental Science*, 12(1), 19–40. <https://doi.org/10.1039/C8EE02079E>.
- Parkinson, B., Schmeda-Lopez, D., Ballinger, B., & Kefford, B. (2020). The vulnerability of electric-vehicle and wind-turbine supply chains to the supply of rare-earth elements in a 2-degree scenario. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.02.005>
- Parvizsedghy, L. (2015). Risk-Based Maintenance Planning Model for Oil and Gas Pipelines. [https://www.researchgate.net/publication/304347081\\_Risk-Based\\_Maintenance\\_Planning\\_Model\\_for\\_Oil\\_and\\_Gas\\_Pipelines](https://www.researchgate.net/publication/304347081_Risk-Based_Maintenance_Planning_Model_for_Oil_and_Gas_Pipelines). Zugegriffen: 03.03.2023.

- Pasqualia, M., & Mesters, C. (2021). We can use carbon to decarbonize and get hydrogen for free. *Proc. Natl Acad. of Science*, 118(31), e2112089118.
- Patel, S. (2021). Mitsubishi Developing 100 % Ammonia-Capable Gas Turbine, POWER (03.03.2021). <https://www.powermag.com/mitsubishi-power-developing-100-ammonia-capable-gas-turbine/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Pfennig, M., Gerhardt, N., Pape, C., et al. (2017). Mittel- und langfristige Potenziale von PTL- und H<sub>2</sub>-Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen Kassel: Fraunhofer IWES. [http://www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Teilbericht\\_Potenzi-ale\\_PtL\\_H2\\_Importe\\_FraunhoferIWES.pdf](http://www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Teilbericht_Potenzi-ale_PtL_H2_Importe_FraunhoferIWES.pdf). Zugegriffen: 17.03.2022.
- Pfennig, M., Gerhardt, N., Pape, C., et al. (2017). Mittel- und langfristige Potenziale von PTL- und H<sub>2</sub>-Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen. Kassel: Fraunhofer IWES. [http://www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Teilbericht\\_Potenzi-ale\\_PtL\\_H2\\_Importe\\_FraunhoferIWES.pdf](http://www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Teilbericht_Potenzi-ale_PtL_H2_Importe_FraunhoferIWES.pdf). Zugegriffen: 17.03.2022.
- Pfennig, M., von Bonin, M., & Gerhardt, N. (2021). PTX-ATLAS: Weltweite Potenziale für die Erzeugung von grünem Wasserstoff und klimaneutralen synthetischen Kraft- und Brennstoffen. Berlin: Fraunhofer IEE.
- Pieterse, G. (2013) et al, „Reassessing the variability in atmospheric H<sub>2</sub> using the two-way nested TM5 model”, *JGR Atmospheres*, Vol 118, p. 3764, May 2013
- Pitts, M. 2011. "Let's Take Better Care of our Rare Earth Elements". *New Scientist*.
- Plant, G., Kort, E., Brandt, A., et al (2022). Inefficient and unlit natural gas flares both emit large quantities of methane. *Science*, 377(6614), 1566-1571.
- Plevan, M., Geißler, T., Abánades, A., et al. (2015). Thermal cracking of methane in a liquid metal bubble column reactor: Experiments and kinetic analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(25), 8020-8033. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.062>
- PM BMWi (2022). Pressemitteilung (06.03.2022).
- PM Environmental Defense Fund Europe (2020). Scientists Discover 50 Methane Leaks in City of Hamburg's Gas Utility Network (04.12.2020). <https://www.edf.org/media/scientists-discover-50-methane-leaks-city-hamburgs-gas-utility-network>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- PM HiiROC (2022). HiiROC Ltd, Hull/UK (24.10.2022).
- PNNL (2020). Energy Storage Cost and Performance Database. <https://www.pnnl.gov/ESGC-cost-performance>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Power Technology. (2022, 06 20). French government plans to acquire full ownership of EDF. Retrieved from <https://www.power-technology.com/news/france-full-control-edf/#:~:text=In%20a%20statement%2C%20the%20French,become%20the%20company's%20sole%20shareholder>.
- Prag, A., Röttgers, D., & Scherrer, I. (2018). State-owned enterprises and the low-carbon transition. Paris: OECD Publishing.
- Process Vogel (o. J.). ThyssenKrupp erhält Zuschlag für Clean-Ammoniak-Anlagenbauprojekt. <https://www.process.vogel.de/thyssenkrupp-uhde-erhaelt-zuschlag-fuer-clean-ammoniak-anlagenbauprojekt-a7f5fa929c41b78c936cd61ee950f0ff/?cmp=nl-98&uuid=1cb272b2e0437dab6199fee4fb77f89b>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Projektbeschreibung BMBF/FONA (2021). Webseite FONA. <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/wasserstoff-aus-methanpyrolyse>. 01.07.2021. Zugegriffen: 21.10.2021.
- Proplanta (o. J.). Reisanbau und der Treibhauseffekt. Proplanta Informationszentrum für die Landwirtschaft. [www.proplanta.de](http://www.proplanta.de). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Qi, L. (2021). China's CCUS Pathways: From Carbon Storage to Carbon Neutrality, Chinesisch-Deutsche Kooperation. Chinese Academy of Science.
- Rahman, A. (2016). Development of Pressure Swing Adsorption (PSA) Processor CO<sub>2</sub> Capture from Flue Gas. Diss Univ. South Carolina.

- Reiser, M., Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft Univ. Stuttgart, Nov. 2021 Arbeitsbereich Emissionen - EMS | Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft | Universität Stuttgart (uni-stuttgart.de)
- Redaktionsnetzwerk Deutschland, Meldung vom 30.11.2022.
- Reducing Methane Emissions (2020). Reducing Methane Emissions: Best Practice Guide Transmission, Storage, LNG Terminals and Distribution.
- REFRL. (2022, 10 01). Russia's Stranglehold On The World's Nuclear Power Cycle. Retrieved from <https://www.rferl.org/a/russia-nuclear-power-industry-graphics/32014247.html#:~:text=Russia%20is%20considered%20the%20world,of%20these%20were%20initiated%20abroad>.
- Renewables First (2016). What is the difference between micro, mini and small hydro? <https://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/what-is-the-difference-between-micro-mini-and-small-hydro/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Renzenbrink, W., Ewers, J., Keller, D., et al (2009). RWE's 450 MW IGCC/CCS Project Status and Outlook, Energy Procedia, 1(1), 615?622.
- RESCO (2018). Plants in Action – Harvest Index. <https://www.rseco.org/content/641-harvest-index.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Research and Markets (2022). Global Lithium-Ion Battery Recycling Market Report 2022: Market to Reach &10.7 Billion by 2026 – EV Commercialization Push Up Pressure on Lithium-Ion Battery Recycling. <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-lithium-ion-battery-recycling-market-report-2022-market-to-reach-10-7-billion-by-2026---ev-commercialization-push-up-pressure-on-lithium-ion-battery-recycling-301465692.html>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Reuters (2021). World to reach peak oil demand before 2030 – TotalEnergies. <https://www.reuters.com/business/energy/totalenergies-expects-rise-use-renewable-energy-future-2021-09-27/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Riemer, M. (2022), J.Wachsmuth, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, „Ist Wasserstoff treibhausgasneutral?“, Herausgeber Umweltbundesamt Berlin, 30.11.2022.
- Righetti, T. (2017). Siting Carbon Dioxide Pipelines. Oil and Gas, Natural Resources, and Energy Journal, 3(4). <https://digitalcommons.law.ou.edu/onej/vol3/iss4/3>.
- Ristig, S. (2022) et al, Chem.Ing.Tech. 2022, 94 (10), 1-14.
- Ritchie, H, & Roser, M. (o. J.). CO<sub>2</sub> Emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/CO2-emissions#global-CO2-emissions>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Roeb, M., Brendelberger, S., Rosenstiel, A., et al. (2020). Wasserstoff als ein Fundament der Energiewende, Teil 1: Technologien und Perspektiven für eine nachhaltige und ökonomische Wasserstoffversorgung. DLR-Studie.
- Rohstoffagentur, DERA Deutsche. 2022. "DERA Rohstoffinformationen 52."
- Rohstoffagentur, DERA Deutsche. n.d. "DERA Rohstoffliste 2019."
- S&P (2023) Global Commodity Insights, „Warming impacts of hydrogen emissions are overlooked, underestimated,“ 27.7.23, accessed 3.4.23.
- S&P\_Global. 2022. The Future of Copper. IHS Markit.
- Saadi, F., Lewis, N., & McFarland, E. (2018). Relative costs of transporting electrical and chemical energy. Energy & Environmental Science, 11(3), 469–475.
- Saam, Wolfgang. 2008. "Chinas Griff nach Afrikas Rohstoffen." Konrad Adenauer Stiftung, Analysen & Argumente.
- Sagroll, W. (2015). LNG Lagerung und Transport. Marine Services GmbH.
- Sánchez-Bastardo, N., & Schlögl, R. (2020). Methane Pyrolysis for CO-Free H Production: A Green Process to Overcome Renewable Energies Unsteadiness, Chemie Ingenieur Technik, 92(10), 1596?1609.

- Sánchez-Bastardo, N., & Schlögl, R. (2021). Methane Pyrolysis for Zero-Emission Hydrogen Production: A Potenzial Bridge Technology from Fossil Fuels to a Renewable and Sustainable Hydrogen Economy, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 60, 11855–11881.
- Saunier, S. (2021). Methane emissions from LNG – Best practices from liquefaction to gasification. Oslo: Carbon Limits AS.
- Saunier, M. (2020a) et al: UN Environment Programme & Climate and Clean Air Coalition, (2021).
- Saunier, M., Staver, A. R., Poulter, B., et al. (2020). The Global Methane Budget 2000–2017. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 1561–1623.
- SBTI – Science Based Target Initiative (2021). SBTI Corporate Net-Zero Standard. <https://science-basedtargets.org/resources/files/Net-Zero-Standard.pdf>. Zugegriffen: 22. Dezember 2022.
- Schmidt, O., Hawkes, A., Gambhir, A., et al. (2017). The future cost of electrical energy storage based on experience rates. [https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/50848/10/20170620\\_FINAL\\_ExpCurves\\_Main.pdf](https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/50848/10/20170620_FINAL_ExpCurves_Main.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Schneider, S., Bajohr, S., Graf, F., et al. (2020). Verfahrensübersicht zur Erzeugung von Wasserstoff durch Erdgas-Pyrolyse. *Chem. Ing. Tech.*, 92(8), 1023–1032. <https://doi.org/10.1002/cite.202000021>.
- Schorn, F., Breuer, J. L., Samsun, R. C., et al. (2021). Methanol as a Renewable Energy Carrier: An Assessment of Production and Transportation Costs for Selected Global Locations. *Advances in Applied Energy*, 3, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100050>.
- Schorn, F., Breuer, J. L., Samsun, R. C., et al. (2021). Methanol as a Renewable Energy Carrier: An Assessment of Production and Transportation Costs for Selected Global Locations. *Advances in Applied Energy*, 3, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100050>.
- Schulz, R., Bredariol, T., McGlade, C., et al. (2022). Flaring Emissions. IEA Report (Sept 2022). <https://www.iea.org/reports/flaring-emissions>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Schuur, E. A. G., McGuire, A. D., Schädel, C., et al. (2015). Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature*, 520, 171–179. <https://doi.org/10.1038/nature14338>.
- Scientific American (2010). How does Geothermal Drilling Trigger Earthquakes? <https://www.scientificamerican.com/article/how-does-geothermal-drilling-trigger/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Shen, Y., Wang, J., Ge, X., et al. (2016). By-products recycling for syngas cleanup in biomass pyrolysis – An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1246–1268. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.077>.
- Siemens (2022). HYFLEXPOWER: Weltweit erste integrierte Power-to-X-to-Power-Demonstrationsanlage mit Wasserstoffgasturbine. <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/hyflexpower-weltweit-erste-integrierte-demonstrationsanlage-einer-power-x-power>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Skagestad, R., Wolf, J., & Mathisen, A. (2019). CO<sub>2</sub>stCap Reducing the Cost of Carbon Capture in Process Industry. Chalmers Univ of Techn.
- Smith, E., Morris, J., Kheshgi, H., et al. (2021). The cost of CO<sub>2</sub> transport and storage in global integrated assessment modeling. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 109. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583621001195>, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103367>.
- Smith, P., Adams, J., Beerling, D., Beringer, T., Calvin, K., Fuss, S., Griscom, B., Hagemann, N., Kamman, C., Kraxner, F., Minx, J., Popp, A., Renforth, P., Vicente, J. & Keesstra, S. (2019). Impacts of Land-Based Greenhouse Gas Removal Options on Ecosystem Services and the United Nations Sustainable Development Goals. In: *Annual Review of Environment and Re-sources*. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033129>. Zugegriffen: 14. Oktober 2022.
- Smith, T. J., et al. (2009). Methanotrophy/methane oxidation. *Encyclopedia of Microbiology*, 3. Aufl. Oxford: Academic Press, 293–298.
- Smolinka, T. (2021). Mission Hydrogen: Future of PEM-Electrolysis.

- Smolinka, T., Wiebe, N., Sterchele, P., et al. (2018). Studie IndWEDe Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme. Berlin: NOW GmbH.
- snam (2022). World of gas. [http://www.snamatlas.it/world\\_of\\_gas](http://www.snamatlas.it/world_of_gas). Zugegriffen: 17.09.2022.
- Snoebjörnsdottir, S. O., Sigfusson, B., Marieni, C., et al. (2020). Carbon Dioxide storage through mineral carbonization, *Nature Reviews*, 1, 90?102. <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0011-8>
- Söder, L. (2019). The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables. KTH. Retrieved from <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1316503/FULLTEXT01.pdf>.
- Solar PACES (2021). How CSP Works: Tower, Trough, Fresnel or Dish. <https://www.solarpaces.org/how-csp-works/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Sönnichsen, N. (2022). Global LNG trade volume 1970-2021. Statista (14.07.2022).
- St. John, J. (2021). Green Tech Media, Energy Section (09.02.2021). <https://www.greentechmedia.com/articles/read/c-zero-raises-11.5m-to-scale-up-turquoise-hydrogen-technology>. Zugegriffen: 21.10.2021.
- Statista (2016) Gehalt von Seltenen Erden und Metallen in allen weltweit verkauften Smartphones 2016 | Statista
- Statista (2019). CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. <https://de.statista.com/statistik/studie/id/6920/dokument/CO2-emissionen-in-deutschland/?locale=de>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Statista (2020). Distribution of global carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in 2020, by sector. [https://www.statista.com/statistics/1129656/global-share-of-CO<sub>2</sub>-emissions-from-fossil-fuel-and-cement/#:~:text=Global%20distribution%20of%20CO<sub>2</sub>%20emissions%202020%2C%20by%20sector&text=Global%20carbon%20dioxide%20emissions%20were,of%20CO<sub>2</sub>%20emissions%20th](https://www.statista.com/statistics/1129656/global-share-of-CO2-emissions-from-fossil-fuel-and-cement/#:~:text=Global%20distribution%20of%20CO2%20emissions%202020%2C%20by%20sector&text=Global%20carbon%20dioxide%20emissions%20were,of%20CO2%20emissions%20th). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Statista (2021). Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland seit 1990. [https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2275/umfrage/hoehe-der-CO<sub>2</sub>-emissionen-in-deutschland-seit-1990/?locale=de](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2275/umfrage/hoehe-der-CO2-emissionen-in-deutschland-seit-1990/?locale=de). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Statista (2021a) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1035262/umfrage/statistische-reichweite-seltener-erden-metalle-nach-laendern/>
- Statista (2021, 01 29). Mortality rate worldwide in 2012, by energy source. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/494425/death-rate-worldwide-by-energy-source/>.
- Statista (2022). Number of crude oil and oil product tankers worldwide from 2012 to 2021. <https://www.statista.com/statistics/1326758/number-of-oil-tankers-worldwide/>. Zugegriffen: 18.09.2022.
- Statista (2022). Production capacity of ammonia worldwide from 2018 to 2021, with a forecast for 2026 and 2030. <https://www.statista.com/statistics/1065865/ammonia-production-capacity-globally/>. Zugegriffen: 14.03.2022.
- Statista (2022, 01). Number of nuclear warheads worldwide as of January 2022. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/264435/number-of-nuclear-warheads-worldwide/#:~:text=As%20a%20weapon%20of%20mass,the%20United%20States%20and%20Russia>.
- Statista (2022a). Entwicklung der globalen Waldfläche nach Weltregionen in den Jahren 1990 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1278858/umfrage/waldflaeche-nach-welt-region/>. Zugegriffen: 14. Oktober 2022.
- Statista (2022a). Number of operable nuclear power reactors worldwide as of May 2022, by country. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/267158/number-of-nuclear-reactors-in-operation-by-country/>.
- Statista (2022b) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/186148/umfrage/atomunfaelle-nach-bewertung-auf-der-ines-skala-weltweit/>.

- Statista (2022b). Anteile der Wirtschaftssektoren am globalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) von 2011 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/248027/umfrage/anteile-der-wirtschaftssektoren-am-globalen-bruttoinlandsprodukt-bip/>. Abgerufen: 2. Januar 2023.
- Statista (2022c): Verlust der globalen tropischen Regenwaldfläche im Zeitraum 2002 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1184901/umfrage/verlust-der-globalen-regenwaldflaeche/>. Abgerufen: 28. Februar 2023.
- Statista (2022d) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/779896/umfrage/co2-emissionen-aus-brennstoffen-bei-der-kupfererzeugung-in-der-aurubis-ag/>, zugegriffen 16.05.2023
- Statista (2022e) Mangan: Förderung nach Ländern weltweit 2021 | Statista <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1128303/umfrage/foerderung-von-mangan-nach-laendern-weltweit/>, zugegriffen 16.05.2023
- Statista (2022f) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/998867/umfrage/rohstoffmengen-in-lithium-ionen-batterien-nach-rohstoffen-weltweit/>, zugegriffen 16.05.2023
- Statista (2022g) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/242345/umfrage/anteile-an-der-verwendung-von-kupfer-in-china-nach-verwendungszweck/>
- Statista (2022h) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1281117/umfrage/weltweiter-bedarf-an-rohstoffen-fuer-produktion-von-lithium-ionen-hochleistungsspeichern/>
- Statista (2022i) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/193974/umfrage/raffinerieproduktion-von-nickel-seit-2006/>
- Statista (2022j) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159929/umfrage/minenproduktion-von-lithium-nach-laendern/>
- Statista (2022k) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38455/umfrage/weltweite-reserven-an-cobalt/>
- Statista (2022m) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/810124/umfrage/installierte-produktionskapazitaet-fuer-lithium-ionen-batterien-ausgewaehlter-hersteller-weltweit/>
- Statista (2022n) Statista Research, publ. March 24, 2023, "Global Production Capacity of Methanol 2018-2021", accesse3d May 29,2023
- Statista (2023a) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/194141/umfrage/minenproduktion-von-platin-nach-laendern/>
- Steinmüller, Klaus. 2020. "Vergleich von Rohstoffstrategien von Industrieländern für metallische Rohstoffe." Research Gate, Technical Report.
- Stern, J. (2020). Methane Emissions from Natural Gas and LNG Imports. Oxford Institute for Energy Studies, OIES PAPER, NG 165.
- Storage Labs (2021). Projecting the future lifetime cost of electricity storage technologies. <https://www.storage-lab.com/levelized-cost-of-storage>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Store&Go (2020) <https://www.storeandgo.info/about-the-project/index.html>.
- Strunge, T. R. (2022). Towards a business case for CO<sub>2</sub> mineralisation in the cement industry. *Commun Earth Environ* 3, 59.
- Strunge, T., Renforth, P., & Spek, M. V. (14. 03 2022). Towards a business case for CO<sub>2</sub> mineralisation in the cement industry. *nature - communications earth & environment*.
- Südwind. 2014. "Chinesisch-Afrikanische Partnerschaft: Das Beispiel der Demokratischen Republik Kongo."
- Südwind. 2014. "Chinesisch-Afrikanische Partnerschaft. Das Beispiel der Demokratischen Republik Kongo."
- Supriya, V. (2022). India's sugarcane-based ethanol plan has a big problem: water. [https://finance.yahoo.com/news/indias-sugarcane-based-ethanol-plan-085000921.html?guc-counter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlMnVbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAAUSSiO7\\_\\_wS2tvpVAOB1n9NLaXUdSdHodATYxFtX7qAa\\_z8G1\\_0kreRF-bmBE\\_Yu2YF7ySFSOKH02vZx4PE8BXQHk997](https://finance.yahoo.com/news/indias-sugarcane-based-ethanol-plan-085000921.html?guc-counter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlMnVbS8&guce_referrer_sig=AQAAAAUSSiO7__wS2tvpVAOB1n9NLaXUdSdHodATYxFtX7qAa_z8G1_0kreRF-bmBE_Yu2YF7ySFSOKH02vZx4PE8BXQHk997). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Sutherland, B. R. (2019). Pricing CO<sub>2</sub> Direct Air Capture, *Joule*, 3, 1569?1577.



- Swanson, S. (2020). Sailing to Nowhere: LNG is not an effective climate strategy. Natural Resources Defense Council, R: 20-08-A.
- Swiss Re Institute (2021). Closing the Infrastructure Gap: Swiss Re Institute.
- Tagesschau (2022). Die vermeintlich saubere Energie (15.6.2022).
- TAZ (2022). Der nächste Bodenschatz (08.01.2022). <https://taz.de/Norwegens-Endlager-fuer-Kohlendioxid/!5823921/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Technology Collaboration Programme (2022). H<sub>2</sub> Value Chain. <https://www.ieahydrogen.org/>. Zugegriffen: 17.09.2022.
- Terdiman, D. (2021). Deep Water Wind: These Huge, Floating Wind Turbines Could Help America Meet Its Renewable Energy Goals. GE. <https://www.ge.com/news/reports/deep-water-wind-these-huge-floating-wind-turbines-could-help-america-meet-its-renewable>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Tetrattech (2022). Commercializing Flare Gas. <https://www.tetrattech.com/en/markets/international-development/news-and-impact/insights/commercializing-flare-gas-to-reduce-emissions-and-develop-economies>. Zugegriffen: 21.10.2022.
- Thamm, F. (2019). Energiespeicherung von Wasserstoff in Kaverne. HYPOS e.V. <https://www.vng-gasspeicher.de/documents/10184/162174/Hypos-Forschungskaverne/5101ca26-d09f-429f-83bf-351a21120954>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS) and TNO. 2010. "Rare Earth Elements and Strategic Mineral Policy." The Hague.
- Theurer, M. (2021). Der große Mangel. Frankfurter Allgemeine Zeitung. (14.11.2021). <https://zeitung.faz.net/fas/wirtschaft/2021-11-14/e7c264adce8805234aaee08094dc8a22/?GEPC=s5>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Thurber, M. (2019) "Gas Flaring: Why does it happen and what can stop it?", Energy Growth Hub, Stanford University, Febr. 2019
- ThyssenKrupp (2022) ThyssenKrupp Uhde erhält Zuschlag für Clean Ammoniak Anlagenbauprojekt <http://www.process.vogel.de/thyssenkrupp-uhde-erhaelt-zuschlag-fuer-clean-ammoniak-anlagenbauprojekt-a-17f5fa929c41b78c936cd61ee950f0ff/>, zugegriffen 20.04.2023.
- Tian, H. (2020) et al, "A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks" Nature volume 586, pages 248–256 (2020).
- Timera Energy (2021). The value impact of LNG carbon emissions (29.03.21).
- Timmerberg, S., Kaltschmitt, M., & Finkbeiner, M. (2020). Hydrogen and hydrogen-derived fuels through methane decomposition of natural gas – GHG emissions and costs. Energy Conversion and Management, 7, 100043. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100043>.
- Tong, W., Forster, M., Dionigi, F., et al. (2020). Electrolysis of Low-Grade and Saline Surface Water. Nature Energy, 5(5), 367–377. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0550-8>.
- Traber, T. (2019). Natural Gas Makes no Contribution to Climate Protection. Berlin: Energy Watch Group.
- Treude, T. (2021). Methanhydrat – das brennende Eis, ein faszinierender Stoff wird erforscht. GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. [www.geomar.de/news/article/methanhydrat](http://www.geomar.de/news/article/methanhydrat). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Tromp, T. (2003) et. al, "Potenzial Environmental Impact of a Hydrogen Economy on the Stratosphere", Science 300 (5626), 1740, (2003).
- Tropomi (o. J.). Webseite Tropomi. [www.tropomi.eu](http://www.tropomi.eu). Zugegriffen: 07.03.2022.
- U.S. Department of Energy. 2011. "Critical Materials Strategy."
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries (2020). Rare Earths. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-rare-earths.pdf>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Umsicht, FhG. 2021. Recycling sichert Rohstoffe für ein klimaneutrales Europa. oktober 06. <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2021/rohstoff-recycling.html>.



- Umweltbundesamt (2022). Carbon Capture and Storage. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Umweltbundesamt. 2017. Urban Mining. Dessau Roßlau: Umweltbundesamt.
- UNEP/CCAC UN Environment Programme, & Climate and Clean Air Coalition (2021). Global Methane Assessment and Costs of Mitigating Methane Emissions. <https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>. Zugriffen: 03.03.2023.
- UNEP - United Nations Environmental Programme (2022). State of Finance for Nature - Time to act: Doubling investment by 2025 and eliminating nature-negative finance flows. <https://www.unep.org/resources/report/state-finance-nature-2022>. Zugriffen: 1. Januar 2023.
- Union of Concerned Scientist USA. (2022). Nuclear Weapons Worldwide. Retrieved from <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/worldwide#:~:text=Nine%20countries%20possess%20nuclear%20weapons,is%20close%20to%2013%2C000%20weapons>.
- United States of America Department of Energy (2015). Quadrennial Technology Review. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/qtr-2015-chapter6.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- University of Sydney (2021). Touchscreen alternative allays fear of world indium shortage. <https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2021/07/20/touchscreen-alternative-allays-fear-of-world-indium-shortage.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- US Department of Energy Efficiency and Renewable Energy (2021). Bioenergy Technologies Office. <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/bioenergy-technologies-office>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USDA (2009). Growing Crops for Biofuels Has Spillover Effects. <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2009/march/growing-crops-for-biofuels-has-spillover-effects/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USDOE – Alternative Fuel Data Center (2022). Biodiesel Production and Distribution. [https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel\\_production.html](https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_production.html). Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2020a). Cobalt Data Sheet – Mineral Commodity Summaries 2020. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-cobalt.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2020b). Indium Data Sheet – Mineral Commodity Summaries 2020. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-indium.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2020c). Mineral Commodity Summaries 2020. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-gallium.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2020d). Rare-Earth Elements. <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/o/pp1802o.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2020e). Tellurium Data Sheet – Mineral Commodity Summaries 2020. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-tellurium.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS (2021). Lithium Statistics and Information. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73374.pdf>, <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/lithium-statistics-and-information>. Zugriffen: 03.03.2023.
- USGS. (2022). Mineral Commodity Summaries 2022 - Thorium. gelesen auf <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-thorium.pdf> am 20.03.2023
- Vahrenholt, F. (2023) Die grosse Energiekrise, LMV
- Vattenfall AB (2021). Waste – transforming waste to energy. <https://group.vattenfall.com/what-we-do/our-energy-sources/waste>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Vaughan, A. (2020). Fracking wells in the US are leaking loads of planet-warming methane. New Scientist (22.04.2020). <https://www.newscientist.com/article/2241347-fracking-wells-in-the-us-are-leaking-loads-of-planet-warming-methane/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- VDI Statusreport (2021). Industrielle CO<sub>2</sub>-Kreisläufe.

- VDZ. (2020). Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Düsseldorf.
- Verband Beratender Ingenieure (VBI) (2019). Erneuerbare Energien ? VBI- Leitfaden. Berlin: VBI.
- Victoria State Government (2022). Bioenergy: sustainable renewable energy. <https://www.energy.vic.gov.au/renewable-energy/bioenergy/bioenergy-sustainable-renewable-energy>. Zugriffen: 03.03.2023.
- von Weizsäcker, E. U. (2022): So reicht das nicht - Außenpolitik, neue Ökonomie, neue Aufklärung - Was wir in der Klimakrise jetzt wirklich brauchen, Bonifatius Verlag: Paderborn.
- Warwick, N. (2022) et al, „Atmospheric implications of increased Hydrogen use” UK Government Policy Paper, Dept for Energy Security and Net Zero and Dept for Business, Energy & Industrial Strategy, Published 8 April 2022.
- Watson, A.J. (2020) et al, „Revised estimates of ocean-atmosphere CO<sub>2</sub> flux are consistent with ocean carbon inventory”, Nat Commun 11, 4422 (2020).
- WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2021). Vision 2050 – Time to transform. <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/11765/177145/1>. Zugriffen: 30. Januar 2023.
- WBGU (2012). Finanzierung der globalen Energiewende: WBGU.
- WEF - World Economic Forum (2020). 395 Million New Jobs by 2030 if Businesses Prioritize Nature, Says World Economic Forum. <https://www.weforum.org/press/2020/07/395-million-new-jobs-by-2030-if-businesses-prioritize-nature-says-world-economic-forum/>. Zugriffen: 2. Januar 2023.
- WEF - World Economic Forum (2022). Global Risks Report 2022. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2022.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf). Zugriffen: 14. Oktober 2022.
- Weiß, M., Wunsch, M., & Ziegenhagen, I. (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Berlin: Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045/>. Zugriffen: 11.10.2021.
- Wernicke, H. J. (2021a). Status DAC, GES-interne Kommunikation.
- Wernicke, H. J. (2021b). CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalk- und Zementindustrie. GES- interne Kommunikation.[JL7].
- Wernicke, H.-J., Bertau, M., Offermanns, H., et al. (Hrsg., 2014). Methanol: The Basic Chemical and Energy Feedstock of the Future: Asinger's Vision Today. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39709-7>.
- Wieclawska, S. (2020). How Raw Material Scarcity can Hinder Our Ambitions for Green Hydrogen & the Energy Transition as a Whole. <https://www.tno.nl/en/focus-areas/strategic-analysis-policy/expertise-groups/strategic-business-analysis/electrolysis/critical-materials/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Wikipedia (2010). Mine gas production. [www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Mine\\_gas\\_production\\_active\\_mine\\_DE.svg](http://www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Mine_gas_production_active_mine_DE.svg). Zugriffen: 03.03.2023.
- Wikipedia (2022). General layout of electricity networks. [https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_grid#/media/File:Electricity\\_Grid\\_Schematic\\_English.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_grid#/media/File:Electricity_Grid_Schematic_English.svg). Zugriffen: 19.09.2022.
- Wikipedia (2022a). Lithium-Schwefel-Akkumulator. <https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Schwefel-Akkumulator>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Wikipedia (2022b). Offshore wind power. [https://en.wikipedia.org/wiki/Offshore\\_wind\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Offshore_wind_power). Zugriffen: 03.03.2023.
- Wikipedia (2022c). Volllaststunden. <https://de.wikipedia.org/wiki/Volllaststunde#:~:text=Der%20aus%20der%20Zahl%20der,einem%20Jahr%20mit%20365%20Tagen>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Wikipedia (o. J.): Wikipedia Polyethylenimin. <https://de.wikipedia.org/wiki/Polyethylenimin>. Zugriffen: 03.03.2023.

- Wikipedia. (2022). International Nuclear Event Scale. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Nuclear\\_Event\\_Scale](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Nuclear_Event_Scale)
- Wind Energy: The Facts (2022). Growth of Wind Turbine Size. <https://www.wind-energy-the-facts.org/growth-of-wind-turbine-size.html>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Windeurope (2021). Wind industry calls for Europe-wide ban on landfilling turbine blades. <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Windpower Engineering & Development (2022). Ready-to-float: A permanent cost reduction for off-shore wind. <https://www.windpowerengineering.com/ready-to-float-a-permanent-cost-reduction-for-offshore-wind/>. Zugriffen: 03.03.2023.
- Winnie, G.-L., Hoekstra, A. Y., & Theo, H. v. (2009). The water footprint of bioenergy. PNAS, 106(25), 10219-10223. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.0812619106>
- Wipplinger, D., Klute, R. (2016) Strom as Atommüll: Schneller Reaktor BN-800 im kommerziellen Leistungsbetrieb, gelesen auf <https://nuklearia.de/2016/12/09/strom-aus-atommuell-schneller-reaktor-bn-800-im-kommerziellen-leistungsbetrieb/> am 23.03.2023
- wise (2017) <https://wiseinternational.org/sites/default/files/u93/Climatenuclear.pdf>
- Wissenschaftliche Dienste des dt. Bundestags (2018). Dokumentation WD 8 – 3000 – 050/18. Methanverluste entlang der Prozesskette von Flüssiggas (LNG). <https://www.bundestag.de/resource/blob/565016/42fc0720d8b0c1135297dec72c8c0b9c/WD-8-050-18-pdf-data.pdf>. Zugriffen: 03.03.2023.
- World Bank (2017). Webseite Worldbank. <https://www.worldbank.org/en/results/2017/12/01/geothermal>. Zugriffen: 03.03.2023.
- World Bank (2020). Trends in Solid Waste Management. [https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends\\_in\\_solid\\_waste\\_management.html](https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html). Zugriffen: 03.03.2023.
- World Bank (2021). Global Gas Flaring Tracker Report (28.04.2021). <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/global-gas-flaring-tracker-report>. Zugriffen: 03.03.2023.
- World Bank (2022a). 2022 Global Gas Flaring Tracker Report. World Bank Global Gas Flaring Reduction Partnership. Washington.
- World Bank (2022b). Zero Routine Flaring. <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030>. Zugriffen: 22.10.2022.
- World Bioenergy Association (2016). Global Biomass Potenzial towards 2035. [https://www.world-bioenergy.org/uploads/Factsheet\\_Biomass%20potenzial.pdf](https://www.world-bioenergy.org/uploads/Factsheet_Biomass%20potenzial.pdf). Zugriffen: 03.03.2023.
- World Energy Council (2019). Webseite World Energy Council. <https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019>. Zugriffen: 03.03.2023.
- World Nuclear Association (2022). Nuclear Power in the World Today. Kernenergie. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx#:~:text=Nuclear%20energy%20now%20provides%20about,of%20the%20total%20in%202019>. Zugriffen: 03.03.2023.
- World Nuclear Association. (2017, 02). Military Warheads as a Source of Nuclear Fuel. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/military-warheads-as-a-source-of-nuclear-fuel.aspx>
- World Nuclear Association. (2021, 05). Storage and Disposal of Radioactive Waste. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/storage-and-disposal-of-radioactive-waste.aspx#:~:text=Disposal%20of%20low%2Dlevel%20waste,the%20most%20radioactive%20waste%20produced>.
- World Nuclear Association. (2022 a). Plans For New Reactors Worldwide. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>.

- World Nuclear Association. (2022 b). World Uranium Mining Production. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>.
- World Nuclear Association. (2022 c). Nuclear Power Reactors. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>.
- World Nuclear Association. (2022 d). Thorium. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/thorium.aspx>.
- World Nuclear Association. (2022 e). Safety of Plants. Retrieved from <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants.aspx>.
- World Ocean Review (2010). Wie der Klimawandel die Chemie der Meere verändert. Hamburg: Maribus, S. 48-53.
- Worldbank (2021). Living in the Light: The Bangladesh Solar Home Systems Story: Worldbank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35311>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Worldbank (2022). Green Hydrogen: A key investment for the energy transition. <https://blogs.worldbank.org/ppps/green-hydrogen-key-investment-energy-transition>. Zugegriffen: 22.09.2022.
- WRI – World Resource Institute (2022). Atlas of Forest Landscape Restoration Opportunities. <https://www.wri.org/applications/maps/flr-atlas/#>. Zugegriffen: 1. März 2023.
- Wu, C., Zhang, X.-P., & Sterlin, M. (2022). Solar power generation intermittency and aggregation. *Scientific Reports*, 12, 1363. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05247-2>.
- Wunderlich, P. (2020). Battery-News. <https://battery-news.de/index.php/2020/07/31/battery-news-de-technologiebriefing-lithium-sauerstoff-batterie-iii-iii-perspektiven/>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- WVI – World Vision (2022). Restore Land, Restore Climate. <https://www.wvi.org/publications/report/climate-change/restore-land-restore-climate>. Zugegriffen: 1. März 2023.
- WWF (2021). WHAT IS THE PROBLEM WITH PALM OIL? <https://www.wwf.org.uk/updates/8-things-know-about-palm-oil#:~:text=What%20is%20the%20problem%20with,pygmy%20elephant%20and%20Sumatran%20rhino>. Zugegriffen: 03.03.2023.
- Xi, F., & al., e. (2016). Substantial global carbon uptake by cement carbonation. *Nature Geoscience*, 8.
- Yakovlev, S., Sadovnikov, S., Kharchenko, O., et al. (2020). Remote Sensing of Atmospheric Methane with IR OPO Lidar System, *Atmosphere*, 11(70).
- Yokohata, T., Saito, K., Takata, K., et al. (2020). Model improvement and future projection of permafrost processes in a global land surface model. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(1), 69.
- Zabanova, Y., & Westphal, K. (2021). Russia in the Global Hydrogen Race. *Stiftung Wissenschaft und Politik Comment*, 2021/C 34 (19.05.2021). <https://doi.org/10.18449/2021C34>.
- Zemo Partnership (2021). Low Carbon Hydrogen Well-to-Tank Pathways Study ? Full Report. <https://www.zemo.org.uk/publications-resources/reports-studies.htm?pg=1>. Zugegriffen: 24.02.2022.
- Zemo Partnership (2021). Low Carbon Hydrogen Well-to-Tank Pathways Study. <https://www.zemo.org.uk/publications-resources/reports-studies.htm?pg=1>, Zugegriffen: 03.03.2023.
- Zhang, F., Zhao, P., Niu, M., et al. (2016). The Survey of Key Technologies in Hydrogen Energy Storage. Sustainable Environment Research Centre, University of South Wales. [https://pure.southwales.ac.uk/ws/files/143256/Key\\_Tech\\_H2.pdf](https://pure.southwales.ac.uk/ws/files/143256/Key_Tech_H2.pdf). Zugegriffen: 03.03.2023.
- Zhang, X. (2009). Win-win concession period determination methodology. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000012](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000012).

- Zhao, H. (2019). Methane Emissions from Landfills. Department of Earth and Environmental Engineering. Columbia Univ.
- Zhou, N., Zhou, J., Dai, L., et al. (2020). Syngas production from biomass pyrolysis in a continuous microwave assisted pyrolysis system. *Bioresource Technology*, 314, 123756. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123756>.