

## 16. Literaturliste, Stand 06.10.2018

im Oktober 2018

Liebe Mitglieder des Arbeitskreises Energie,

ich begrüße Sie ganz herzlich zur 16. AKE-Literaturliste. Ziel ist es, Ihnen in loser Folge eine Reihe interessanter Studien, Internetseiten und Literaturempfehlungen zusammenzustellen. Angesichts der Vielzahl an neuen Studien auf dem Energiesektor handelt es sich bei der Literaturliste nur um eine Auswahl aus einer breiten Themenpalette.

Zusätzlich steht Ihnen natürlich das Archiv des Arbeitskreises <http://www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/ak/ake/links/index.html> zur Verfügung, in dem viel Material aus unseren Frühjahrs-, Herbst- und DPG-Tagungen und die AKE-Studien zu finden sind. Hier gibt es auch eine Sammlung aller bisherigen Literaturlisten sowie eine Zusammenstellung von Websites mit Energiedaten.

Bitte schreiben Sie mir oder unserem Vorsitzenden Hardo Bruhns ([ake@bruhns.info](mailto:ake@bruhns.info)), wenn Sie Anregungen oder Kritik haben oder wenn Sie weitere interessante Literatur benennen wollen. Den Kollegen, die zu dieser Liste beigetragen haben, danke ich herzlich. Viel Gewinn beim Lesen wünscht Ihnen

Wolfgang Breyer

Buckenhof

[wolfgang.breyer@kerntext.de](mailto:wolfgang.breyer@kerntext.de)

### Allgemeines

**IEA: World Energy Outlook 2018** (erscheint am 13. November 2018, Summary kann dann heruntergeladen werden)

<https://webstore.iea.org/world-energy-outlook>

Der jährlich aktualisierte World Energy Outlook der Internationalen Energie-Agentur analysiert an Hand von Szenarien - insbesondere dem Sustainable Development Scenario - mögliche Entwicklungen der Energieversorgung im Spannungsfeld von wirtschaftlicher Entwicklung, Umwelt- und Klimaschutz. Zeithorizont ist das Jahr 2040. Laut Vorankündigung der IEA enthält die diesjährige Ausgabe als besonderen Schwerpunkt das Thema Elektrizität. Außerdem erscheint am 25. Oktober ein Sonderbericht darüber, wie sich die Veränderungen in der Struktur der Energienachfrage auf die Wirtschaft der Erzeugerländer von Öl und Gas auswirken.

**IEA: World Energy Investment 2018.** Juli 2018 (253 S.)

<https://webstore.iea.org/world-energy-investment-2018>

Der Bericht untersucht getrennt nach Ländern die Investitionen in die Energieversorgung und deren Struktur nach Energiearten und -technologien. Unter anderem stellte sich heraus, dass in den letzten drei Jahren die globalen Energieinvestitionen kontinuierlich zurückgingen und in wachsendem Maße auf Regierungsprogrammen fußen. Die

Kapitalintensität der Stromversorgung nimmt zu. Der Bau von Kohlekraftwerken ist rückläufig. F&E-Aufwendungen für CO<sub>2</sub>-freie Techniken und Energieeffizienz steigen an.

**European Commission: EU energy in figures. Statistical Pocketbook 2017.** November 2017 (265 S.)

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2e046bd0-b542-11e7-837e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>

**UN: World Population Prospects - Key findings and advance tables, 2017 Revision.** Juni 2017 (53 S.)

<https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>

**Weltenergierat Deutschland: Energie für Deutschland – Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext 2018.** April 2018 (172 S.)

[https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2018/05/81040\\_DNK\\_Energie2018\\_D.pdf](https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2018/05/81040_DNK_Energie2018_D.pdf)

Neben umfassenden Ist-Zahlen zur Energieversorgung auf den Ebenen Welt, EU und Deutschland referiert das jährlich aktualisierte Kompendium die wichtigsten Szenarien bis zum Jahr 2040 der Internationalen Energie-Agentur (IEA), der US-amerikanischen Energy Information Administration (EIA), von BP und ExxonMobil. Die Synopse (S. 59) zeigt eine weitgehende Übereinstimmung darin, dass in der Stromerzeugung im globalen Maßstab die Kohle in absoluten Zahlen in etwa auf heutigem Niveau bleibt, aber ihr prozentualer Anteil von 39 % auf 26-31 % zurückgeht. Gleichzeitig gehen erneuerbare Energien mit einem Anteil von bis zu 40 % in Führung. Ein Schwerpunktkapitel widmet sich dem Klimaschutz im Straßenverkehr.

## **Klimawandel**

**Steffen, W. et al.: Trajectories of the Earth System in the Anthropocene.** PNAS, Stand: August 2018 (8 S.)

<http://www.pnas.org/content/early/2018/07/31/1810141115>

Der in den Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) erschienene Aufsatz behandelt die Frage möglicher selbstverstärkender Mechanismen, die bei Überschreitung einer globalen Schwelle zu einer Destabilisierung des Klimas und zu einer "Heißzeit" führen könnten. Diese Schwelle wird bei einem Anstieg der globalen mittleren Temperatur um etwa 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit gesehen. Der Aufsatz argumentiert, dass die gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen und Entscheidungen in den nächsten zehn bis 20 Jahren maßgeblichen Einfluss auf den Kurs des Systems Erde in den nächsten zehntausenden bis hunderttausenden von Jahren haben könnten, wenn das stabile Wechselspiel von Eiszeiten und Zwischeneiszeiten verlassen werde. Der Aufsatz führt mehrere Beispiele für positive Feedbacks zwischen Erwärmung und vermehrter Freisetzung von Treibhausgasen an.

## **Erneuerbare Energien/Energiewende**

**IEA: Tracking Clean Energy Progress - Informing Energy Sector Transformations.** Seit Mai 2018

<http://www.iea.org/tcep/>

Auf dieser neuen, laufend aktualisierten Website verfolgt und bewertet die IEA den Stand aller Energietechnologien und Einsatzbereiche, die für den globalen Übergang zu sauberer Energie relevant sind. Im Vergleich mit ihrem Sustainable Development Szenario stellt die IEA auf vielen Gebieten einen Rückstand fest. Nur vier von 38 "Clean-Energy-Technologien" liegen im Zeitplan für die Erreichung globaler Klimaschutzziele. Große Fortschritte machten 2017 vor allem Photovoltaik, LEDs und Elektrofahrzeuge. Siehe dazu auch die Presseinformation vom 23. Mai 2018:

<http://www.iea.org/newsroom/news/2018/may/iea-releases-new-and-updated-online-resource-to-assess-global-clean-energy-transi.html>

**IEA: Status of Power System Transformation 2018 – Advanced Power Plant Flexibility.** Mai 2018 (115 S.)

<https://webstore.iea.org/status-of-power-system-transformation-2018>

Das rasche Vordringen von Photovoltaik und Windenergie löst weltweit einen Wandel in den Stromversorgungssystemen aus. Weitere Auslöser des Wandels sind die zunehmend dezentrale Natur des Angebots (z. B. von Photovoltaikstrom) und der Nachfrage (Beispiel: Elektrofahrzeuge) sowie die Digitalisierung, die neue Möglichkeiten für Kostensenkung und Systemstabilität bieten. Zum Management von Schwankungen bei Angebot und Nachfrage ist eine erhöhte System-Flexibilität erforderlich. Diese ist vor allem durch die Kraftwerke zu leisten. Damit ändert sich deren Rolle im System. Es wird ein Fahrplan für die entsprechenden technischen und regulatorischen Änderungen vorgeschlagen.

**DENA: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050.** Ohne Datum (Juni 2018) (510 S.)

<https://shop.dena.de/sortiment/detail/produkt/dena-leitstudie-integrierte-energiewende/>

Zielsetzung der DENA-Leitstudie ist es, die bestmöglichen Transformationspfade zur Erreichung der Klimaziele zu identifizieren und diese mit praxistauglichen Handlungsempfehlungen zu hinterlegen. Laut DENA könne die Studie Grundlage für einen Neustart in der Energiewende- und Klimaschutzpolitik in Deutschland sein. Für diese Studie charakteristisch ist der ganzheitliche Ansatz der integrierten Energiewende, der über den Begriff der Sektorkopplung hinausgeht. Es wurden vier Szenarien, mit denen sich die deutschen Klimaziele bis 2050 erreichen lassen, untersucht und mit einem Referenzszenario ohne Emissionsvorgaben verglichen. Die Erreichung der Klimaziele erfordert in jedem Falle einen breiten Technologienmix, den fortgesetzten massiven Zubau an erneuerbaren Energien, verstärkte Anstrengungen zur Effizienzsteigerung und eine erhöhte Gebäudesanierungsrate, in allen vier Szenarien aber darüberhinaus auch den Import erheblicher Mengen an synthetisch erzeugten erneuerbaren Energien.

**BMU: Klimaschutzbericht 2017 - Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung.** Juni 2018 (145 S.)

<https://www.bmu.de/publikation/492/>

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um mindestens 40% zu reduzieren. Da sich seit einigen Jahren abzeichnet, dass dieses Ziel verfehlt werden wird, hat die Bundesregierung im Dezember 2014 das "Aktionsprogramm Klimaschutz 2020" und den ergänzenden "Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz" (NAPE) beschlossen. Dennoch rechnet die Bundesregierung damit, dass bis 2020 nur eine Reduzierung um 32% erreicht werden wird. Hauptgründe sind die unerwartet dynamische Konjunktorentwicklung und das unerwartet deutliche

Bevölkerungswachstum. Allerdings zeigen aktuelle Bewertungen, dass auch die Wirksamkeit des Aktionsprogramms hinter den Erwartungen zurückbleibt.

**Öko-Institut: Überprüfung der Emissionsminderung 2020 im Projektionsbericht 2017.** Oktober 2017 (21 S.)

<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Memo-Ueberpruefung-Emissionsminderung-2020.pdf>

Aufgrund einer EU-Vorschrift müssen die Mitgliedsländer alle zwei Jahre eine Vorschau auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in ihrem Land geben. Der jüngste derartige Bericht der Bundesregierung, "Projektionsbericht 2017 für Deutschland" vom Mai 2017, berücksichtigt in seinem "Mit-Maßnahmen-Szenario" (MMS) das von der Bundesregierung 2014 beschlossene Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und den ergänzenden Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz. Für das Mit-Maßnahmen-Szenario weist der Projektionsbericht für das Jahr 2020 eine Emissionsreduzierung gegenüber 1990 von 34,7% aus. In der vorliegenden Studie untersucht das Öko-Institut im Rahmen einer sektoralen Analyse, ob die im Szenario MMS unterstellten Emissionsminderungen bis 2020 realistisch erreicht werden können. Dabei wurden in allen Sektoren höhere als die im Projektionsbericht 2017 erwarteten Emissionen ermittelt. Die größten Mehremissionen wurden in der Studie für die Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Verkehr errechnet. Insgesamt wurden Mehremissionen von 28,2- 38,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent festgestellt. Das bedeutet, dass nicht die im Projektionsbericht 2017 erwartete Minderung um 34,7% sondern nur 31,7 bzw. 32,5% erreicht werden.

**Fraunhofer ISE: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien.** März 2018 (44 S.)

[https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018 ISE Studie Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018%20ISE%20Studie%20Stromgestehungskosten%20Erneuerbare%20Energien.pdf)

Es werden die Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien für das Jahr 2018 untersucht und deren weitere Kostenentwicklung auf Basis von technologie-spezifischen Lernraten und Marktszenarien bis 2035 prognostiziert. Der Fokus liegt auf Photovoltaik-, Windenergie- und Biogasanlagen. Zum Vergleich wird die erwartete Entwicklung der Stromgestehungskosten für neu errichtete konventionelle Kraftwerke (Braunkohle, Steinkohle, Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerke (GuD), Gasturbine) untersucht.

**IEA: Photovoltaic Power Systems Programme, Annual Report 2017.** Mai 2018 (130 S.)

<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=6>

Zielsetzung ist die internationale Zusammenarbeit bei der Aufgabe, die photovoltaische Stromerzeugung zu einem Eckstein nachhaltiger Energiesysteme zu machen. An dem seit 1993 bestehenden Programm sind 32 Mitgliedsländer und Organisationen beteiligt. Zurzeit werden sechs gemeinsame Projekte bearbeitet; ein siebtes, die Integration von Photovoltaik in Stromnetze, wurde 2017 beschlossen. Der Jahresbericht gibt den Fortschritt der sechs Projekte wieder und stellt auch die PV-Programme der 32 Mitglieder dar. Ferner wird über den weltweiten Stand des Einsatzes der PV berichtet. Vier Länder - China, Indien, Japan und USA - vereinten 80% des Zubaus an installierter Leistung in Höhe von 98 GW im Jahr 2017 auf sich.

**IEA: Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic Electricity Production from Residential-scale Systems operated in Europe.** März 2015 (103 S.)

<http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/Future-PV-LCA-IEA-PVPS-Task-12-March-2015.pdf>

Diese Studie wurde im Rahmen des Photovoltaic Power Systems Programme der IEA (siehe vorige Literatur) erarbeitet. Fokus dieser Studie ist das Umweltverhalten von PV-Moduln auf Basis von monokristallinem Silizium oder Kadmium-Tellurit in der fernen Zukunft (2030-2050) unter drei Szenarien ("business as usual", "realistic improvement" und "optimistic improvement"). In dieser Lebenszyklusanalyse wurde zum einen die Emission von Treibhausgasen ermittelt, zum anderen der kumulative Verbrauch nicht-erneuerbarer Energie sowie das Potenzial für die SO<sub>2</sub>-Emission ("saurer Regen"), die photochemische Erzeugung von Ozon, für Feinstaub und andere Schadstoffe. Es zeigt sich ein ganz erhebliches Verbesserungspotenzial, das durch weitere Forschung und Entwicklung erschlossen werden kann.

**Fraunhofer ISE: Photovoltaics Report, updated: 27 August 2018.** (47 S.)

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

Gegenstand des Berichts in Folienform sind auf den Ebenen Deutschland, EU und Welt der PV-Markt, die Fortschritte im Zellen- und Modulwirkungsgrad, die Energie-Amortisationszeit und die Preisentwicklung für PV-Anlagen.

**NOW GmbH: Industrialisierung der Wasserstoffelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme.** September 2018 (201 S.)

[https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/indwede-studie\\_v04.1.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/indwede-studie_v04.1.pdf)

Im Rahmen der Energiewende wird die Wasserelektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff im industriellen Maßstab benötigt. Elektrolyseanlagen werden bislang aber nur im halbindustriellen Maßstab hergestellt. Die Studie untersucht im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums, wie sichergestellt werden kann, dass die Wasserelektrolyse zukünftig als leistungsfähige Technologie verfügbar sein wird, und welche Herausforderungen beim Aufbau einer Gigawatt-Elektrolyse-Industrie in Deutschland bestehen. Zwei Technologien zur Elektrolyse gelten als ausgereift (alkalische und PEM-Elektrolyse); bei Herstellungsverfahren für Großanlagen konnte kein grundlegender Entwicklungsbedarf identifiziert werden. Wichtig erscheint dagegen die Unterstützung des Markthochlaufs. Es wird ein "Marktaktivierungsprogramm Wasserelektrolyse" vorgeschlagen, welches durch regulatorische Rahmenbedingungen, z. B. über die Strombeschaffungskosten, ein Investment wirtschaftlich attraktiv macht. (Kommentar: Das klingt nach einem zweiten EEG.)

**DIW: Incentives for the long-term integration of renewable energies: a plea for a market value model.** DIW Economic Bulletin 46/47 / 2017 (11 S.)

[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.571589.de/diw\\_econ\\_bull\\_2017-46-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.571589.de/diw_econ_bull_2017-46-1.pdf)

Die bisherige Förderung von erneuerbaren Energien bietet Projektentwicklern wenig Anreize in "systemfreundliche" Anlagen zu investieren, kritisiert das DIW. Technologien und Standorte gelten als systemfreundlich, wenn sie kostengünstig sind und sich leicht ins System integrieren lassen, weil sie Strom zu Zeiten produzieren, wenn er besonders wertvoll ist. Für die Weiterentwicklung der Förderinstrumente hat das DIW ein Marktmodell mit fünf Kriterien entwickelt. Es geht darum, die Vergütung des produzierten Stroms am dessen Marktwert auszurichten. Bei Anwendung dieses Modells verspricht man sich eine langfristige Minimierung der Förderkosten für erneuerbare Energien und ganz allgemein für das Stromversorgungssystem.

**DLR: Einführung: Das Projekt "Verkehrsentwicklung und Umwelt" (VEU) im Rahmen der Verkehrssystemforschung am DLR.** (Präsentationsfolien) Juli 2018 (61 S.)

[https://verkehrsforschung.dlr.de/public/documents/2018/Ergebnisfolien\\_VEU\\_20180705\\_DE.pdf](https://verkehrsforschung.dlr.de/public/documents/2018/Ergebnisfolien_VEU_20180705_DE.pdf)

Der bodengebundene Verkehr in Deutschland ist immerhin für 1 Prozent der weltweiten Emissionen von Treibhausgasen verantwortlich. Mit den derzeitigen Trends sind die Klimaziele nicht erreichbar. Dem Referenz-Szenario ("business as usual") stellt DLR ein Szenario "Geregelter Ruck" gegenüber, mit dem die Klimaziele für 2030 wenigstens bis 2040 erreicht werden. Es stellt eine Kombination von Änderungen auf allen Ebenen dar: z. B. beim Verkehrsverhalten (Verlagerung vom Individualverkehr zum öffentlichen Verkehr und beim Güterverkehr von der Straße auf die Schiene); bei der Technik des Verkehrssektors (Elektro-Fahrzeug statt Verbrennungsmotor) und bei der Technik im Energiesektor (beschleunigte Dekarbonisierung des in Elektro-Fahrzeugen verwendeten Stroms).

**Öko-Institut und ISOE: share - Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen.** September 2018 (126 S.)

<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/share-Wissenschaftliche-Begleitforschung-zu-car2go-mit-batterieelektrischen-und-konventionellen-Fahrzeugen.pdf>

Dies ist der vom Öko-Institut gemeinsam mit dem ISOE - Institut für ökologische Forschung erstellte Abschlussbericht zu dem vom BMU geförderten Forschungsvorhaben "free-floating Carsharing" (stationsungebundenes Carsharing). Das ernüchternde Ergebnis zweier Pilotprojekte in Stuttgart und Frankfurt a. M. ist, dass car2go nicht zur Reduktion der Anzahl von PKW im Straßenraum führt; nur bis zu 2,6% der Nutzer schafften ihren eigenen PKW ab, und die Anzahl der eingesetzten car2go-Fahrzeuge überstieg die Anzahl der abgeschafften PKW. Das Konzept wurde vorrangig von jüngeren, überdurchschnittlich gut ausgebildeten Personen mit überdurchschnittlichem Einkommen angenommen. Für eine breitere Akzeptanz müssten zusätzliche Anreize geschaffen werden.

**ICAO Environmental Report 2016 - Aviation and Climate Change.** Ohne Datum (2017?) (250 S.)

<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx>

Die International Civil Aviation Organization (ICAO) ist eine spezialisierte Agentur der UN für die Durchführung der Convention on International Civil Aviation. Obwohl der Anteil der zivilen Luftfahrt an den globalen menschengemachten Treibhausgasemissionen nur 2 Prozent beträgt, hat die ICAO eigene Klimaschutzziele aufgestellt: Pro Jahr 2% Verbesserung der Treibstoffeffizienz; ab 2020 klimaneutrales Wachstum; bis 2050 Halbierung der jährlichen Treibhausgas-Emissionen. Zur Erreichung dieser Ziele hat sie einen "basket of CO<sub>2</sub> mitigating measures" erarbeitet, zu dem auch die Entwicklung alternativer Treibstoffe gehört.

**FfE Forschungsstelle für Energiewirtschaft: EU Displacement Mix - A Simplified Marginal Method to Determine Environmental Factors for Technologies Coupling Heat and Power in the European Union.** Mai 2018 (52 S.)

[https://gallery.mailchimp.com/4f2cf878a38d152a781d97560/files/80f4a450-2933-4820-a8a3-e5714553ae6d/20180515\\_EU\\_Displacement\\_Mix.pdf](https://gallery.mailchimp.com/4f2cf878a38d152a781d97560/files/80f4a450-2933-4820-a8a3-e5714553ae6d/20180515_EU_Displacement_Mix.pdf)

Angesichts der Diskussionen um die europäische Energieeffizienz-Richtlinien wird die methodische Einbeziehung von Systemen, die Elektrizität mit Wärme koppeln, also KWK und elektrischer Raumheizung, diskutiert und gezeigt, dass die von der Kommission vorgeschlagene Mittelung über das Jahr hier zu Falscheinschätzungen für den Primärenergieeinsatz und damit verbundene Exergie- und Effizienzprojektionen führt.

**IEA: The Future of Cooling – Opportunities for energy-efficient air conditioning.** Mai 2018 (92 S.)

<https://www.iea.org/cooling/>

Auf Klimageräte in Büros und Wohnräumen entfallen laut IEA heute weltweit bereits 10% des Strombedarfs. Der wachsende Einsatz von Kühlgeräten wird in den nächsten Jahrzehnten laut IEA zu einer der wichtigsten Triebkräfte für steigenden Strombedarf. Bis 2050 ist mit einer Verdreifachung des globalen Strombedarfs für Kühlung zu rechnen, wenn nicht mit strengeren Effizienzstandards dagegengehalten wird. Bis 2050 lässt sich laut IEA durch entsprechende Vorschriften und weitere Maßnahmen der durchschnittliche Stromverbrauch der Kühlgeräte halbieren.

**Wissenschaftsakademien: Künstliche Photosynthese.** Stellungnahme Mai 2018 (84 S.)

[https://www.akademienunion.de/fileadmin/redaktion/user\\_upload/Publikationen/Stellungnahmen/Stellungnahme\\_Ku\\_nstliche\\_Photosynthese\\_2018.pdf](https://www.akademienunion.de/fileadmin/redaktion/user_upload/Publikationen/Stellungnahmen/Stellungnahme_Ku_nstliche_Photosynthese_2018.pdf)

Der Bericht betont, dass für die Energieversorgung chemische Brennstoffe insbesondere wegen ihrer hohen Energiedichte unverzichtbar bleiben. Um diese nachhaltig zu produzieren, stellt er verschiedene Ansätze vor: modifizierte biologische Photosynthese, Hybridverfahren mit Kopplung nicht-biologischer und biologischer Elemente, elektrochemische Power-to-X-Technologien und die künstliche Photosynthese in vollständig integrierten Systemen (z.B. „künstliche Blätter“). Insbesondere konzentriert sich der Bericht auf letztere. Das Potenzial der künstlichen Photosynthese wird angesichts wichtiger Forschungserfolge in den letzten 15 Jahren als potentiell langfristiger „game changer“ eingestuft. Empfehlungen werden gegeben für die Fortführung und Intensivierung einer breit angelegten Grundlagenforschung, ihre Koordination in Hinblick auf die Verbindung mit industriellen Technologien und Systemintegration, die Einbeziehung der künstlichen Photosynthese in den gesellschaftlichen Dialog zur Energiewende und in deren Zielszenarien.

### **Fossile Brennstoffe und mit Elektrizität erzeugte Brennstoffe (e-fuels)**

**Report of the High-Level Commission on Carbon Prices.** International Bank for Reconstruction and Development and International Development Association / The World Bank Mai 2017 (69 S.)

<https://www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-highlevel-commission-on-carbon-prices>

Der „Stern – Stieglitz“ Bericht stellt die Bedeutung der Kohlenstoff-Bepreisung für den Erfolg einer Politik zur Emissionsreduktion heraus und betont, dass frühes Anheben des Preises bzw. der finanziellen Belastung von Emissionen effektiver als spätere Maßnahmen seien, allerdings auch zu höheren kurzfristigen Anpassungskosten führen kann. Explizite Preisinstrumente seien erforderlich, um den zentralen Marktfehler, die Nicht-einbeziehung der externen Kosten des Klimawandels, zu beheben. Zusätzliche Maßnahmen müssten Anpassungen der Energieeffizienz-Standards, Städte-, Land- und Forstpla-

nung, FuE-Initiativen und Risikofinanzierung von low-carbon Technologien umfassen. Um das Pariser COP21 Ziel einer Temperaturbegrenzung auf 2° (1,5°) zu erreichen, seien bis 2020 Emissionsbelastungen von mindestens 40- 80 \$/tCO<sub>2</sub> und bis 2030 50 – 100 \$ / tCO<sub>2</sub> erforderlich.

**World Bank Group: State and Trends of Carbon Pricing 2018.** Mai 2018 (62 S.)

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29687>

Der Bericht untersucht die weltweite Entwicklung der Bepreisung von Kohlenstoff bzw. CO<sub>2</sub> –Emissionen. 51 Initiativen seien umgesetzt oder geplant, davon 25 Emission Trading Systems – zumeist in subnationalem Kontext - und 26 Carbon Tax Systeme, überwiegend auf nationaler Ebene. Mit 11 Gt CO<sub>2e</sub> seien mittlerweile etwa 20% der globalen Emissionen einbezogen werden – 5 Prozentpunkte bzw. 56% mehr als im Vorjahr. Der finanzielle Umfang stieg von 52 auf 82 Milliarden \$.

**Agora Energiewende: 65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg.** Oktober 2018 (20 S.)

<https://www.agora-energien->

[de.de/fileadmin2/Projekte/2018/65 EE und Kohleausstieg/142 Stromsektor-2030 65-Prozent-EE-und-schrittweiser-Kohleausstieg WEB.pdf](https://www.agora-energien.de.de/fileadmin2/Projekte/2018/65_EE_und_Kohleausstieg/142_Stromsektor-2030_65-Prozent-EE-und-schrittweiser-Kohleausstieg_WEB.pdf)

Aus Gründen der Versorgungssicherheit setzt die Studie voraus, dass die wegfallende Leistung von Kohlekraftwerken zur Hälfte durch Erdgaskraftwerke ersetzt wird und die andere Hälfte durch Lastmanagement und den europäischen Stromverbund bereitgestellt wird. Die wichtigsten Ergebnisse: Die installierte Leistung der Kohlekraftwerke geht von heute 46 GW bis 2030 auf rund 16 GW zurück. Der Ausbau der erneuerbaren Energien auf 65% kann die wegfallenden Kohlestrommengen nahezu kompensieren; Deutschland bleibt Stromexporteur. Der Ausbau der erneuerbaren Energien auf 65% senkt die Börsenstrompreise stärker, als sie durch den Kohleausstieg ansteigen. Die stromintensive Industrie kann von einem schnelleren Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Rückführung der Kohleverstromung profitieren, vorausgesetzt dass die Befreiung von der EEG-Umlage auch nach 2020 beibehalten wird.

**Sartor, O.: Implementing coal transitions: Insights from case studies of major coal consuming economies. A Summary Report of the Coal Transitions Project.** September 2018 (42 S.)

<https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/CatalogueIddri/Rapport/201809-Synthesis Report Iddri-COALTRANSITIONS-def.pdf>

Im Rahmen des "Coal Transitions Research Project" hat der französische Think Tank IDDRI für sechs Länder (China, Indien, Polen, Deutschland, Australien, Südafrika) Fallstudien durchgeführt, deren Ergebnisse in der vorliegenden Publikation zusammengefasst werden. IDDRI bezeichnet sich als "think tank to facilitate the transition towards sustainable development". Die Kohleausstiegsszenarien wurden jeweils so konzipiert, dass sie mit dem Ziele "well below 2°C" kompatibel sind. Für alle sechs Länder wurde ermittelt, wie Kohle bis 2040-2050 durch ein Portfolio von alternativen Energiequellen, nämlich Sonnen- und Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, Kernenergie und Erdgas, ersetzt werden könne und dass dies bezahlbar sei. Der Kohleausstieg bringe darüber hinaus ökologische, soziale und ökonomische Vorteile mit sich. Die Länderstudien findet man hier:

<https://www.iddri.org/en/project/coal-transitions-research-and-dialogue-future-coal>

**Pizer, W. A. und Zhang, X.: China's New National Carbon Market.** Januar 2018 (11 S.)  
[https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/ni\\_wp\\_18-01\\_0.pdf](https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/ni_wp_18-01_0.pdf)  
Der Bericht erläutert die Entwicklung und Zielsetzung des nationalen Emission Trading Systems Chinas, das Grundlage für die Realisierung der indikativen Verpflichtungen ist, die China mit dem Paris-Abkommen eingegangen ist. Spätestens bis 2030 sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihr Maximum erreicht haben und in Relation zum GDP um 60-65%, bezogen auf 2005, fallen und die nicht-fossile (d.h. EE und nukleare) Primärenergieversorgung auf 20% steigen, was zu einer Verdopplung der weltweit erfassten CO<sub>2</sub>-Emissionen führen könnte.

**IEA: The Future of Petrochemicals - Towards more sustainable plastics and fertilizers.** Oktober 2018 (132 S.)

<https://webstore.iea.org/the-future-of-petrochemicals>

Der Verbrauch von Öl und Erdgas durch die chemische Industrie wird in der Energie- und Klimadiskussion wenig thematisiert, obwohl beim Öl heute 14% und beim Erdgas 8% auf die chemische Industrie entfallen und diese Anteile ansteigen. Die Petrochemie ist dabei, zum größten Treiber für den Verbrauch von Öl zu werden. Infolgedessen würde sich für die chemische Industrie bis 2050 eine Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 30% ergeben. Die IEA hat deswegen ein Clean-Technology Szenario erarbeitet, bei dem insbesondere Plastik und Kunstdünger auf nachhaltigere Weise produziert werden. Dem entsprechend fallen alle Umweltbelastungen. Dazu trägt auch ein verbessertes Abfall-Management mit hoher Recyclingquote bei. Bestandteil des Nachhaltigkeitskonzepts ist auch carbon capture, utilisation and storage.

## **Kernkraft**

**MIT: The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World.** August 2018 (272 S.)

<http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2018/09/The-Future-of-Nuclear-Energy-in-a-Carbon-Constrained-World.pdf>

Die Herausforderungen des Klimawandels sind ohne Kernenergie schwieriger und nur zu höheren Kosten zu bewältigen, sagt die MIT-Studie. Sie analysiert die Gründe für das nachlassende Wachstum des Kernenergieeinsatzes und kommt zu dem Schluss, dass der Bau neuer Kernkraftwerke zu teuer geworden ist. Es werden Maßnahmen zur Umkehrung dieses Trends vorgeschlagen: Standardisierung der Anlagen; besseres Projektmanagement; mehr Fabrikfertigung/weniger Baustellenfertigung von Systemen; Übergang zu Reaktortypen mit inhärenten und passiv wirksamen Sicherheitssystemen. Es wird gefordert, gleiche Wettbewerbsbedingungen zwischen der Kernenergie und anderen CO<sub>2</sub>-armen Energien durch geeignete Marktmodelle zu schaffen und dabei die Grundlastfähigkeit der Kernkraftwerke zu honorieren.

**Energy Technologies Institute: The ETI Nuclear Cost Drivers Project, Summary Report.** April 2018 (55 S.)

<https://d2umxnkyjne36n.cloudfront.net/documents/D7.3-ETI-Nuclear-Cost-Drivers-Summary-Report-April-20.pdf?mtime=20180426151016>

Nach der "Clean Growth Strategy" der britischen Regierung soll der Übergang zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft zu möglichst niedrigen Kosten erfolgen. In diesem Prozess kann die Kernenergie eine maßgebliche Rolle spielen, sofern sie wettbewerbsfähig ist und im Markt Bedarf besteht. Angesichts der gewaltigen Kosten- und Bauzeitüberschreitungen

beim Bau weiterentwickelter Reaktoren in Finnland, Frankreich und den USA war es Gegenstand der Studie, die Kostentreiber zu identifizieren und Ansätze zur Kostensenkung zu finden. Es werden 35 Maßnahmen für Kostensenkungen benannt und darunter acht als vorrangig eingestuft, die sich teilweise mit denen der vorstehenden MIT-Studie decken. Besonderer Wert wird auf eine aktive Rolle der Regierung bei der Sicherstellung der Finanzierung sowie bei Aufbau und Anwendung von "Best practices" gelegt.

**Hibbs, M.: The Future of Nuclear Power in China.** 2018 (147 S.)

[https://carnegieendowment.org/files/Hibbs\\_ChinaNuclear\\_Final.pdf](https://carnegieendowment.org/files/Hibbs_ChinaNuclear_Final.pdf)

und <https://carnegieendowment.org/2018/05/14/future-of-nuclear-power-in-china-pub-76311>

Im Rahmen seiner Strategie zur Diversifizierung seiner Stromversorgung weg von der Kohle setzt China neben Windkraft und Sonnenenergie auch auf die Kernenergie und verwirklicht ein ehrgeiziges Ausbauprogramm. Bis 2030 wird es bei der installierten Kernkraftwerkskapazität die USA überholt haben zum Kernenergieland Nummer eins geworden sein. China wird wahrscheinlich auch zum größten KKW-Exporteur werden. Die Führerschaft wird auch die technologische Entwicklung und die nukleare Infrastruktur mitsamt dem geschlossenen Brennstoffkreislauf umfassen. Neben Russland ist China das einzige Land mit einem breit angelegten Entwicklungs- und Bauprogramm für Schnelle Brüter. Es gibt außerdem F&E-Programme für den HTR und andere Reaktorkonzepte. Im Laufe der Zeit wird China wachsendes Gewicht in der internationalen Nuklearpolitik bekommen; das umfasst auch Fragen der Sicherheitsstandards, des Handels mit kerntechnischen Erzeugnissen und der Nonproliferation.

### **Websites zu Energiedaten**

Eine Gesamtübersicht finden Sie als Excel-Tabelle unter [http://www.fze.uni-saarland.de/AKE\\_Archiv/AKE-LiteraturListe/Links\\_Literaturliste.htm/Energiewebseiten.xls](http://www.fze.uni-saarland.de/AKE_Archiv/AKE-LiteraturListe/Links_Literaturliste.htm/Energiewebseiten.xls)

### **Neu aufgenommene Website:**

<https://www.thru.de/thrude> , interaktive Website des Umweltbundesamtes mit Daten zu Schadstoffemissionen und Abfallverbringung von über 5000 Betrieben sowie diffusen Quellen (z. B. Landwirtschaft) seit dem Jahr 2007. Die Website bietet Daten für Deutschland und die EU sowie den Westbalkan.