

# Sicherheitsbereitschaft für Braunkohlekraftwerke: Ein Modell ohne praktische Erfahrungen

Paul Donath, Kathi Gerstner und Martina Weiß

*Am 01.10.2018 begann für den Jänschwalder Kraftwerksblock F die Sicherheitsbereitschaft. Block E muss ihm in diesem Jahr folgen. Das bedeutet eine Reise ohne Wiederkehr für die beiden 500-MW-Blöcke, denn nach jeweils vier Jahren Reservezeit müssen sie endgültig stillgelegt werden. Und ist Neuland für die Kraftwerker, auf das sie sich zwei Jahre vorbereitet haben.*

Die deutsche Bundesregierung veranlasste mit der Erweiterung des Energiewirtschaftsgesetzes die Sicherheitsbereitschaft für Braunkohlekraftwerke. Insgesamt wurde sie für 2.700 MW Braunkohlenkraftwerkskapazität verordnet, verteilt auf fünf Kraftwerksstandorte in ganz Deutschland. Alle drei deutschen Braunkohlereviere sind betroffen: das Rheinische Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Lausitzer Revier.

Schrittweise werden die vorgegebenen Blöcke nach einem im Gesetz definierten Zeitplan vom Netz genommen und für jeweils vier Jahre in Bereitschaft gehalten. Bei Engpässen in der deutschen Stromversorgung können die in Sicherheitsbereitschaft befindlichen Anlagen durch den zuständigen Übertragungsnetzbetreiber aufgerufen werden. Mit dieser Maßnahme erhofft sich die Bundesregierung eine Senkung der bundesweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Erreichung der deutschen Klimaziele.

## Vorbereitung auf die Sicherheitsbereitschaft

Grundlage der Vorbereitung auf die Sicherheitsbereitschaft sind die im §13g (EnWG) beschriebenen Aufrufkriterien: Bereitschaftszeitraum von vier Jahren, Betriebsbereitmachung der konservierten Anlage innerhalb von zehn Tagen sowie anschließendes Anfahren auf Nettonennleistung innerhalb von 24 Stunden. Anhand dieser Vorgaben erstellte ein bei der Lausitz Energie Kraftwerke AG (LEAG) eingesetztes Projektteam ein Konservierungskonzept für die beiden zu überführenden Kraftwerksblöcke E und F des Kraftwerkes Jänschwalde.

Bereits im Jahr 2015 begann ein umfangreicher Planungsprozess, in dem neben internen Spezialisten auch die Herstellerfirmen der Anlagen involviert waren. Im Zentrum aller



Um auch bei Außentemperaturen von bis zu -18°C Frostschäden innerhalb des Kesselhauses vorzubeugen, wurden je Block insgesamt 26 Lüfter mit einer Heizleistung von jeweils 120 kW installiert; im Bild das Kesselhaus  
Bilder: LEAG

Überlegungen innerhalb des Projektteams stand die Beantwortung der Frage: „Welche Maßnahmen müssen in Vorbereitung und während der Sicherheitsbereitschaft ergriffen werden, um die Anlage während des Bereitschaftszeitraums von vier Jahren im Aufruffall nach vorgegebenen Kriterien wieder in Betrieb zu nehmen?“

Die durch die Projektmitglieder identifizierten Maßnahmen wurden aufeinander abgestimmt und in einem 130-seitigen Konservierungskonzept zusammengetragen sowie in entsprechende Projektphasen eingeordnet (siehe Abb. 1).

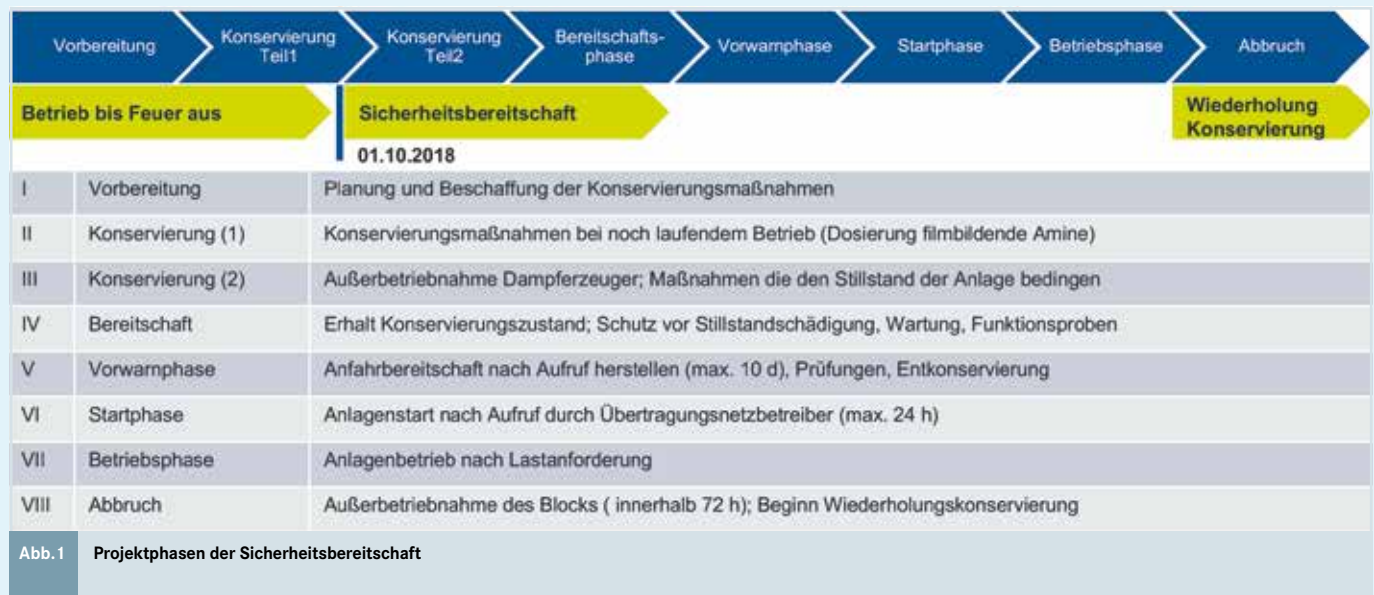
## Konservierung und Bereitschaft

Für das Projekt Sicherheitsbereitschaft sind zwei Konservierungsphasen definiert, welche aufeinander aufbauen, aber durch den gesetz-

lich vorgeschriebenen Termin zur Außerbetriebnahme der Anlage klar getrennt sind.

Konservierungsphase 1 integriert sich in den noch laufenden Betrieb. Während dieser Phase erfolgt die Konservierung des Wasser-Dampf-Kreislaufes mit filmbildenden Aminen. Diese organische Kohlenstoff-Stickstoff-Verbindung wird dem System beginnend 18 Tage vor Außerbetriebnahme beigefügt, um die Ausbildung einer korrosionsschützenden und hydrophoben Schutzschicht auf allen metallischen Oberflächen zu erzielen. Ob sich die Schutzschicht erfolgreich gebildet hat, wird anhand von Nachweistests an mehreren Probestellen, wie z.B. am Niederdruckteil der Turbine, in den Niederdruckvorwärmern sowie in den Speisewasserbehältern während der Konservierungsphase 2 überprüft.

Auf die Außerbetriebnahme des Blocks F am Kraftwerksstandort Jänschwalde in die Si-



cherheitsbereitschaft in der Nacht vom 30.09. auf den 01.10.2018 folgte die Konservierungsphase 2.

Eine der ersten Herausforderungen während dieser Phase war die Entleerung des kompletten Wasser-Dampf-Kreislaufes. Mit Hilfe der noch hohen Betriebstemperaturen konnte das System erfolgreich ausdunsten.

Im Anschluss wurden Adsorptionstrockner für die Trockenluftkonservierung des Turbosatzes, des Generator-Bürstenapparates (siehe Abb. 2), der Speisewasserantriebsturbinen und Nebenanlagen montiert und in Dauerbetrieb genommen. Mittels Hygrometer wird einmal am Tag in der Nachtschicht an etwa zehn Stellen der zu schützenden Maschinenteile die Luftfeuchte gemessen. Liegt die relative Luftfeuchte unter 40 %, ist die Gefahr der Korrosionsbildung erheblich reduziert. In der bisherigen Bereitschaftsphase seit Oktober 2018 konnte dieser Wert permanent eingehalten bzw. unterschritten werden.

Für die Konservierung der Maschinenkondensat-, Kesselspeisewasser- und Kesselumwälzpumpen wurde ein Glykol-Korrosionsinhibitoren-Gemisch benutzt, das in die Pumpen eingefüllt worden ist. Der Füllstand der einzelnen Pumpen wird zyklisch überprüft.

Des Weiteren fanden bis Dezember umfangreiche Reinigungsprogramme in den Bereichen Rauchgasentschwefelung, Ver- und Entsorgung sowie Dampfkesselinnen- und -außenbereich statt. Dies war besonders wichtig, um keine

stehenden Medien vor Ort zu haben und somit Inkrustationen in den Transportsystemen oder Behältern zu vermeiden. Entsprechend der bestehenden Prüfpflichten wurden Überwachungsmaßnahmen zur Lebensdauer an Bauteilen durchgeführt und aufgrund des Stillstands be-

sonders gefährdete Komponenten, wie z.B. Armaturen und Brennerlanzen, demontiert sowie gesondert eingelagert.

Diese Phase 2 ist mittlerweile am Block F erfolgreich abgeschlossen. Aktuell befindet sich die



**Abb. 2 Adsorptionstrockner Bürstenapparat Generator**

dem Block F zugewiesene Betriebsmannschaft in der Bereitschaftsphase, in welcher das Hauptaugenmerk auf zyklische Funktionsprüfungen hunderter Baugruppen laut erarbeitetem Ablaufplan gerichtet wird.

## Frostschutz

Neben den präventiven Maßnahmen zur Vorbeugung von Stillstandskorrosion ist der Frostschutz im laufenden Winterhalbjahr ein wichtiges Thema. Sämtliche Betriebsgebäude wurden mit einem sog. Hüllkurvenverfahren hinsichtlich ihrer Frostbeständigkeit überprüft. Resultierend aus dieser Untersuchung wurden im Kesselhaus zusätzliche Maßnahmen umgesetzt.

Um auch bei Außentemperaturen von bis zu -18°C Frostschäden innerhalb des Kesselhauses vorzubeugen, wurden je Block insgesamt 26 Lüfter mit einer Heizleistung von jeweils 120 kW installiert. Zusätzlich stehen 36 mobile Heizlüfter mit einer Heizleistung von jeweils 30 kW zur Verfügung. Damit kann auf örtliche Kaltstellen flexibel reagiert werden. Ein Warnsystem zur Temperaturüberwachung im Kesselhaus ist installiert und arbeitet permanent. Dazu ist ein gleichmäßig im Raum verteiltes System bestehend aus 63 Temperaturmessfühlern mit der Leittechnik der Blockwarte verbunden.

Über die Temperatursituation im Kesselhaus können sich die Kraftwerker mittels eines Grafikbildes informieren. Eine kürzlich durchgeführte Thermographie an der Außenseite des Kesselhauses zeigte deutlich die positive Wirkung der Heizlüfter.

In den Bereichen oberhalb von 40 m Höhe des Kesselhauses wurden hunderte Meter wasserführende Impulsleitungen mit einem Begleitheizungsband ummantelt. Die Installation ist rechtzeitig vor der Frostperiode ausgeführt worden.

Dieser neue Betriebszustand des Kraftwerksblockes hält neben den bekannten Wartungsumfängen gänzlich neue Anforderungen bereit. Er erfordert eine spezielle Sensibilisierung der Mitarbeiter. Fehler in der Anlage werden nicht mehr durch die Leittechnik gemeldet, sondern müssen direkt während der Funktionsproben erkannt und lokalisiert werden. Verbunden damit ist eine neue Arbeitsweise/Betriebsweise/Methodik für den Anlagenbetreiber und die Instandhalter. Betreiber und Instandhalter arbeiten nicht wie gewohnt nacheinander, sondern gemeinsam im Schulterschluss.

## Fazit

Zum 01.10.2018 haben wir Block F des Kraftwerks Jänschwalde mit 500 MW in die Sicher-

heitsbereitschaft überführt, zum 01.10.2019 folgt Block E mit ebenfalls 500 MW Leistung.

Die Überführung einer funktionsfähigen Anlage in eine vierjährige Bereitschaft stellte LEAG vor verschiedenste und neuartige Herausforderungen, denen sich die Mitarbeiter gemeinsam erfolgreich gestellt haben. Entgegen der häufig vertretenen Meinung bekommt LEAG kein Geld fürs Nichtstun. Der Betrieb der Blöcke ist an die neuen Gesetzmäßigkeiten angepasst. Das Kraftwerkspersonal hat sich neu organisiert, Maßnahmen eingeleitet, Arbeitsabläufe sowie Strukturen neu gebildet und ist bereit, die Anlage im Bedarfsfall jederzeit wieder in Betrieb zu nehmen.

Mit der Überführung des ersten Blocks F im vergangenen Jahr und auch in Hinblick auf die Überführung des Blocks E in wenigen Monaten ist LEAG eine Verpflichtung eingegangen, die für das Energieunternehmen seit eh und je besteht: Wir werden liefern, egal wann. ... damit eine stabile Stromversorgung auch in Zeiten der Energiewende gesichert ist.

*B. Eng. P. Donath, Projektleiter Sicherheitsbereitschaft, K. Gerstner, Pressesprecherin, M. Weiß, Standortkommunikation, Kraftwerk Jänschwalde, Lausitz Energie Kraftwerke AG, Peitz  
[paul.donath@leag.de](mailto:paul.donath@leag.de)*

# Energieeinsparung durch Statistik: Geht das?

*Knut Kübler*

*Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, den PEV in Deutschland von 2008 bis 2020 um 20 % zu vermindern. 2018 lag der PEV rund 10 % unter dem Basiswert 2008. Das ist ein enttäuschendes Ergebnis. Die Enttäuschung wird aber noch größer, wenn man sich klarmacht, dass knapp ein Drittel dieses Verbrauchsrückgangs nichts mit Einsparung zu tun hat, sondern auf einen statistischen Effekt zurückzuführen ist. Ursächlich dafür sind die Konventionen der Energiebilanz, die bei der Verbuchung der Kernenergie und der erneuerbaren Energieträger zum Einsatz kommen. So hilft die Statistik und – Ironie der Geschichte – der Ausstieg aus der Kernenergie, dass die Bundesregierung auf dem Feld der Energieeinsparung nicht noch mehr an Glaubwürdigkeit verliert.*

Oft wird gesagt, die Beschäftigung mit Energiestatistik sei nur etwas für Spezialisten. Aber in Zeiten, in denen die Bundesregierung immer mehr quantitative Ziele für die künftige Energieversorgung vorgibt, gewinnt das Thema „Statistik“ gewaltig an Bedeutung. Wer die Vorgaben zur Energieeinsparung und den Erfolg der Politik auf diesem Gebiet richtig einschätzen will, kommt nicht daran vorbei,

sich näher mit statistischen Grundlagen zu beschäftigen.

Wichtig ist vor allem das Verständnis, wie die beiden Energieträger „Kernenergie“ und „Erneuerbare Energieträger“ in der Energiebilanz verbucht werden. Es lohnt sich, sich mit den hier gültigen Konventionen und den sich daraus ergebenden Konsequenzen vertraut zu machen.

## Geheimnisse der Energiebilanz

Die gebräuchlichste, weil umfassendste, Größe zur Charakterisierung der Energiewirtschaft eines Landes ist der PEV. Der PEV umfasst den Verbrauch von Mineralöl, Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Kernenergie, Wasserkraft, Windenergie, Photovoltaik und den Verbrauch

der sog. sonstigen Energieträger (Brennholz, Klärgas, Müll u.a.). Bei der Bestimmung des PEV spielt auch der Außenhandelsaldo Strom eine Rolle, auf den jedoch an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll.

Relativ einfach und unstrittig zu ermitteln sind der Verbrauch von Mineralöl, Steinkohle, Braunkohle und Erdgas. Hier gibt es Informationen über die Heizwerte, auf die man zurückgreifen kann. So unterstellt etwa die Energiebilanz für Rohöl einen Heizwert von 42.205 kJ pro kg und für Steinkohle einen Heizwert von 27.196 kJ pro kg. Schwieriger wird die Erfassung des Verbrauchs bei Energieträgern, bei denen es keine Heizwerte gibt. Das gilt für die Kernenergie, für die Wasserkraft, für die Windenergie und für die Photovoltaik. Diese Energieträger werden zur Stromerzeugung eingesetzt. Damit ist eine Bewertung in den Kategorien der Energiebilanz möglich, sobald man sich darauf verständigt hat, wie viel Einheiten Primärenergie bei den einzelnen Technologien rechnerisch anzusetzen sind, um eine Einheit Strom zu erzeugen. Deutschland stützt sich in seiner Energiebilanz auf den international gültigen „Wirkungsgradansatz“. Es gelten folgende Konventionen [1]:

- Bei der Kernenergie wird ein Wirkungsgrad von 33 % angenommen. Dahinter steckt die folgende Überlegung. Die bei der Kernspaltung freigesetzte Energie wird zunächst in thermische, dann in kinetische und schließlich in elektrische Energie umgewandelt. Auf diesem Weg bleiben in etwa zwei Drittel der Ausgangsenergie ungenutzt und entweichen im Wesentlichen als Wärme über den Kühlturm. Nur das letzte verbleibende Drittel der zugeführten Primärenergie steht dem Verbraucher in Form von Strom zur Verfügung.

- Bei Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik wird in der Energiebilanz ein Wirkungsgrad von 100 % unterstellt. Nun lässt die Physik grundsätzlich keine Wirkungsgrade von 100 % zu. Die Festlegung des Wirkungsgrads der erneuerbaren Energien ohne Heizwert mit 100 % muss daher mit anderen Argumenten begründet werden. Der Grundgedanke ist hier, dass bei der Nutzung von Wasser, Wind und Sonne keine Rohstoffe verbraucht werden. Damit hat man eine Rechtfertigung, die physikalischen Gesetze zu ignorieren und in der Statistik so zu tun, als ob bei der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien keine Verluste anfallen. Tatsächlich fallen natürlich Umwandlungsver-

luste an, wobei folgende Werte als grobe Orientierung plausibel erscheinen: Bei Wasserkraft kann man einen Wirkungsgrad von 80 % ansetzen, bei Wind von 40 %. Bei der Photovoltaik kann man allenfalls einen Wirkungsgrad von 20 % erwarten [2].

## Energiedaten in der politischen Debatte

In der politischen Debatte spielen Zahlen zur Struktur des Energieverbrauchs immer wieder eine wichtige Rolle. Wer sich an dieser Debatte beteiligen will, tut gut daran, sich immer wieder die unterschiedliche Bewertung von Kernenergie und erneuerbaren Energien vor Augen zu halten. Werfen wir dazu einmal einen Blick auf die Statistik. Die Kernenergie hat auf der Basis des Wirkungsgradansatzes in 2010 mit rd. 11 % zur Deckung des Primärenergieverbrauchs beigetragen. In 2018 betrug der Anteil der Kernenergie noch 6 %.

Leser, die verstanden haben, wie die Buchungen in der Energiebilanz zustande kommen, wissen, dass diese hohen Anteilswerte etwas mit dem unterstellten Wirkungsgrad zu tun haben. 33 % Wirkungsgrad bedeuten ja, dass beim PEV der Kernenergie Umwandlungsverluste in Höhe von 67 % unterstellt werden. Bei

den erneuerbaren Energien gibt es nach den in der Energiebilanz gültigen Konventionen keine Umwandlungsverluste. Und so kommt die Windkraft in 2010 nur auf einen Anteil von gerade 1 %. Bis 2018 stieg der Anteil auf immerhin 3,2 %. Und der Beitrag der Photovoltaik zum PEV lag in 2010 bei 0,3 % und in 2018 bei „beachtenswerten“ 1,5 % (Abb. 1).

Diese Zahlen empfinden manche als ein „optisch irritierendes Ergebnis“. Vor allem Vertreter der erneuerbaren Energien, die dem breiten Publikum begreiflich machen wollen, dass Windkraft und Photovoltaik die „großen Stützen“ der künftigen Energieversorgung in Deutschland sein werden, haben in aller Regel wenig Gefallen an solchen Gegenüberstellungen. Manche aus diesem Kreis deuten die Zahlen für die Kernenergie gelegentlich auch als eine aus „lang zurückliegenden Zeiten stammende bewusste Überhöhung der Kernenergie“, hinter der die „verschwenderische Nutzung“ von Energie bei der Umwandlung verborgen bleibe.

Es ist klar, dass die Ergebnisse anders ausfallen würden, wenn man für die erneuerbaren Energien eine andere Konvention wählen würde. So könnte man etwa die gleichen Maßstäbe wie bei der Kernenergie anlegen. Die

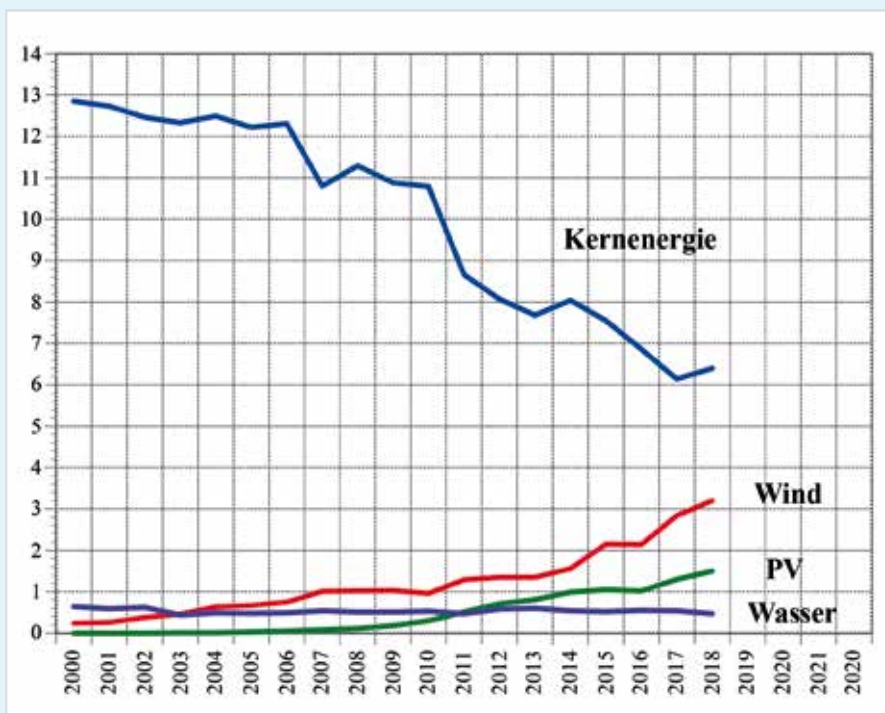


Abb. 1 Kernenergie, Windkraft, Photovoltaik und Wasserkraft (Anteile am PEV in %)

Hinzurechnung der Umwandlungsverluste bei Wasser (20 %), Wind (60 %) und Photovoltaik (80 %) würde deren Werte erhöhen und in diesem Zuge natürlich auch die Struktur des PEV verändern. So würde etwa die Photovoltaik - bei Einbeziehung der Umwandlungsverluste - in 2018 mit rd. 7 % zum PEV beitragen (an Stelle von 1,5 % ohne Umwandlungsverluste).

Wer aber an dieser Stelle über eine mögliche Neufassung der Energiestatistik grübelt, dem sei der guten Vollständigkeit halber der Hinweis gegeben, dass die Durchsetzung der oben angedeuteten Konvention bemerkenswerte Konsequenzen hätte: Der Ausbau der erneuerbaren Energien würde zu einem insgesamt deutlich höheren PEV führen. Schlimmer noch: Der Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energie würde geradezu zwangsläufig auf einen stetig wachsenden PEV in Deutschland hinauslaufen; ein Ergebnis, dass der Öffentlichkeit sicher nicht einfach zu vermitteln wäre.

### Statistische Effekte des Kernenergieausstiegs

Die Bundesregierung hat in ihrem Energiekonzept 2010 versprochen, den PEV bis 2020 gegenüber 2008 um 20 % zu vermindern.

Die aktuellen Zahlen belegen, dass man von diesem Ziel weit entfernt ist. Zwei Jahre vor dem Ziel lag der PEV nur rund 10 % unter der Vorgabe (PEV in 2008: 14.380 PJ und 2018: 12.900 PJ). Bei einer Bewertung dieser Entwicklung gilt es auch noch zu beachten, dass der Energieverbrauch in 2018 außerordentlich niedrig ausgefallen ist. So ging der Verbrauch gegenüber dem Vorjahr um rd. 5 % zurück. Ob und in welchem Umfang hier Sondereinflüsse eine Rolle gespielt haben, wird zurzeit noch analysiert. Die AG Energiebilanzen weist in diesem Zusammenhang vor allem auf gestiegene Energiepreise und die milde Witterung in 2018 hin [3].

Manche beklagen, dass es der Bundesregierung nicht gelungen ist, die eigenen Vorgaben auf dem Feld der Energieeinsparung auch nur halbwegs zu erfüllen. Die Klage kann aber schnell noch sehr viel lauter werden, sobald verstanden wird, dass der Rückgang des Energieverbrauchs 2008/2018 auch etwas mit dem Ausstieg aus der Kernenergie zu tun hat. Das Bundeskabinett hatte ja in 2011 nach den Unfällen an den Nuklearanlagen in Fukushima entschieden, möglichst schnell auf die Kernenergie zu verzichten. Im Zuge der Atomgesetznovelle vom 31.07.2011 erlosch die Betriebsgenehmigung für acht Kernkraftwerke.

Ende 2015 wurde ein weiteres Kernkraftwerk stillgelegt (Grafenrheinfeld/Main). Bis spätestens 2022 sollen alle Reaktoren in Deutschland vom Netz genommen werden.

Als Ersatz für die Kernenergie sollten die erneuerbaren Energien dienen. Wenn man einmal unterstellt, dass die gesamte Energieerzeugung von Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik ab 2010 genutzt wurde, um den rückläufigen Einsatz der Kernenergie zu ersetzen, impliziert das eine Reduktion des PEV. Diese Reduktion ist ein sich geradezu mechanisch ergebendes Nebenprodukt des Kernenergieausstiegs. Wie kann man das verstehen? Mit dem Ersatz der Kernenergie durch erneuerbare Energien entfallen die hohen Umwandlungsverluste bei der Kernenergie, ohne dass neue Umwandlungsverluste durch die wachsenden erneuerbaren Energien hinzukommen; sie werden ja bei dem heutigen System statistisch gar nicht erfasst. Ergebnis: Der PEV fällt rechnerisch niedriger aus. Diese Reduktion darf nicht als Ergebnis einer gezielten Energieeinsparpolitik verstanden werden. Sie kommt auch nicht dadurch zustande, dass weniger Strom verbraucht wird. Nicht allen Akteuren in der politischen Debatte dürfte dieser Effekt bekannt sein, obwohl die AG Energiebilanzen bereits 2012 entsprechende Analysen und Berechnungen angestellt hat [4].

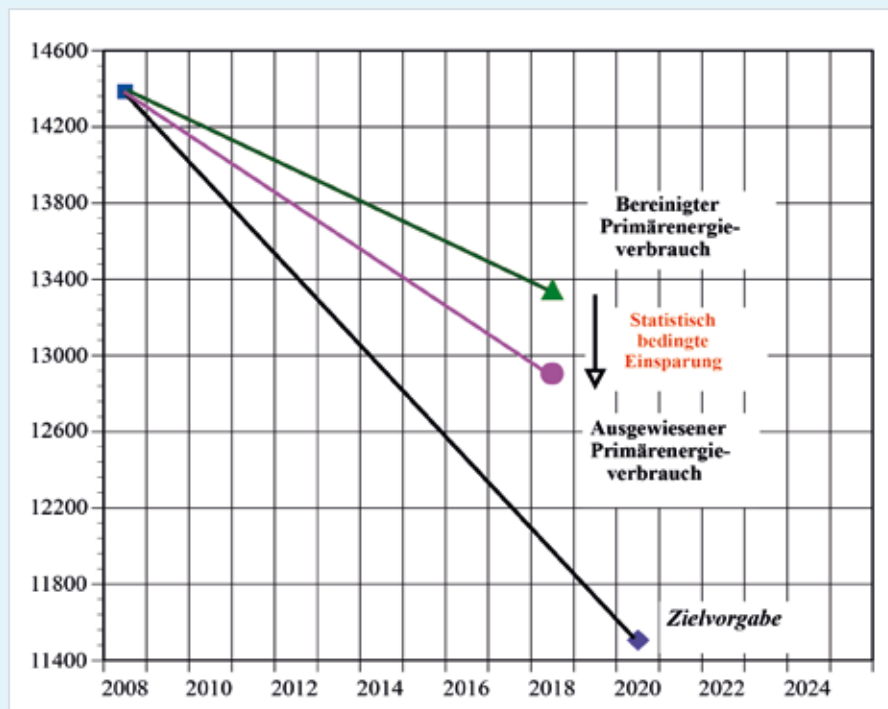


Abb. 2 Rechnerische Einsparung an Primärenergie durch den Kernenergieausstieg (PJ)

Von zentraler Bedeutung ist die Größenordnung, um die es hier geht. Wenn man die Verluste ermittelt, die in 2018 durch die Substitution der Kernenergie durch erneuerbare Energien entfallen und diesen Wert zur Festlegung eines „bereinigten PEV“ nutzt, kommt man zu dem folgenden Ergebnis: Der „bereinigte PEV“ wäre 446 PJ höher als der Verbrauch, der in der Statistik ausgewiesen wird. Das entspricht 3,5 % des Energieverbrauchs 2018 oder in etwa dem heutigen PEV Schleswig-Holsteins. Anders gesagt: Rund ein Drittel des in der Bilanz ausgewiesenen Rückgangs des PEV von 2008 bis 2018 um rd. 10 % entfällt auf einen rein statistischen Effekt (Abb. 2).

Diese Kenntnis führt übrigens noch zu einer weiteren Einsicht. Auf dem Weg Deutschlands in das Zeitalter der erneuerbaren Energien wird der anstehende Ersatz von thermischen Kraftwerken durch Wind und PV zu weiteren künstlichen Primärenergieeinsparungen führen. Bei Wirkungsgraden für Kohle von 45 %

und Erdgas 60 % werden die Effekte allerdings deutlich geringer ausfallen als bei der Kernenergie mit dem unterstellten Wirkungsgrad von 33 %.

## Handreichung zur Energiestatistik

Die Energiepolitik in Deutschland hat in den letzten Jahren eine ausgeprägte Vorliebe für quantitative Vorgaben entwickelt. Dieser Politikstil verlangt von den handelnden Akteuren ganz spezifische Kenntnisse und Fähigkeiten. So sollten alle, die heute an der politischen Debatte mitwirken wollen, über möglichst umfassende Kenntnisse der „Energiestatistik“ verfügen. Damit könnten Fehleinschätzungen und Irrtümer vermieden werden.

Wer solche Kenntnisse nicht hat und auch die Mühen scheut, sich näher mit dieser Thematik zu befassen, dem sei hier eine einfache Handreichung empfohlen: Ist man an Aussagen und Bewertungen zur Energieeinsparung interessiert, ist es vorteilhaft, sich auf eine Analyse des Endenergieverbrauchs zu stützen. Mit Endenergie bezeichnet man die Summe der Energieträger, die unmittelbar zur Bereitstellung von Nutzenergie oder Energiedienstleistungen eingesetzt werden. Auf der Endverbrauchsebene spielen Umwandlungsverluste

keine Rolle. Damit kann man ausschließen, nur durch Wahl von Konventionen bei den Wirkungsgraden Erfolg oder Misserfolg auf dem Feld der Energieeinsparung zu suggerieren. Kurz: Energieeinsparung durch Statistik geht hier nicht.

## Politische Prioritäten

Nachdem der Leser mit der Entwicklung des PEV vertraut ist und dabei gelernt hat, dass die Reduktion des PEV weit hinter den politischen Vorgaben zurückbleibt (Ziel der Bundesregierung 2008/2020: minus 20 %; in der Statistik ausgewiesen: 2008/2018 minus 10 %; nach der hier angestellten Analyse sogar nur minus 7 %), mag das Bedürfnis wachsen, zum Schluss noch einen kurzen Blick auf die Entwicklung des sehr viel aussagefähigeren Endenergieverbrauchs zu werfen.

Leider ist das Ergebnis dort noch enttäuschender: Der Endenergieverbrauch pro Kopf in Deutschland bewegt sich seit 1970 bis heute (!) in einer engen Bandbreite, sichtbar nur durch konjunkturelle Schwankungen und unterschiedliche Witterungsbedingungen gekennzeichnet (Abb. 3). Von einer wirklichen Energieeinsparung kann keine Rede sein. Das Engagement der Bundesregierung auf dem Feld der Energieeinsparung erscheint damit

in einem noch zweifelhafteren Licht. Es ist hier nicht der Raum, auf die politischen Implikationen dieser Analyse einzugehen. Aber eine Neuausrichtung der Energieeinsparpolitik, wie sie im Koalitionsvertrag von CDU/CSU und SPD vom Frühjahr 2018 angedeutet ist, gehört sicher zu den wichtigsten Aufgaben der Energiepolitik in den kommenden Jahren; nach Lage der Dinge ist diese Aufgabe für eine langfristig nachhaltige Energiezukunft Deutschlands sogar wichtiger und dringlicher als der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien, eine Verstärkung der Netze oder ein beschleunigter Ausstieg aus der Kohle [5].

## Anmerkungen

[1] Görjen, R.; Ziesing, H.J.: Zur Reform der Energiebilanzen, in: „et“, 41. Jg. (1996), Heft 1/2, S. 34-36.

[2] Durchschnittsangaben zu den Wirkungsgraden von erneuerbaren Energien sind schwer zu ermitteln. Zu unterschiedlich sind die einzelnen Technologien und die im Einzelfall zu beachtenden Randbedingungen, insbesondere der technische Zustand und das Alter der Anlagen. Es gibt jedoch Orientierungswerte. Neue, große Wasserkraftanlagen mit Leistungen von einigen Megawatt erreichen heute Wirkungsgrade bis zu 90 %. Bei kleineren und älteren Anlagen fällt der Wirkungsgrad deutlich geringer aus. Im Durchschnitt kann man bei der Wasserkraft einen Wirkungsgrad von 80 % annehmen. Moderne Windenergieanlagen erreichen heute im Bestpunkt Wirkungsgrade von 50 %. Unter normalen Bedingungen sind Wirkungsgrade von 40 % eine plausible Größenordnung. Photovoltaikanlagen in Serienfertigung erreichen heute Wirkungsgrade von bis zu 20 %. Siehe dazu auch: <http://www.energielexikon.info/de/glossar/wirkungsgrad.html>

[3] AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Zahlen, Daten für das 1.-4. Quartal 2018, Berlin 2019.

[4] AG Energiebilanzen e.V.: Energie in Zahlen – Arbeit und Leistungen der AG Energiebilanzen, Berlin 2012, S. 24.

[5] Kübler, K.: Energieeffizienz und Energieeinsparung: Politik beginnt mit dem Betrachten der Realität, in: „et“, 68. Jg. (2018), Heft 6; S. 23-27.

*Dr. K. Kübler, Rheinbach  
knut.kuebler@t-online.de*

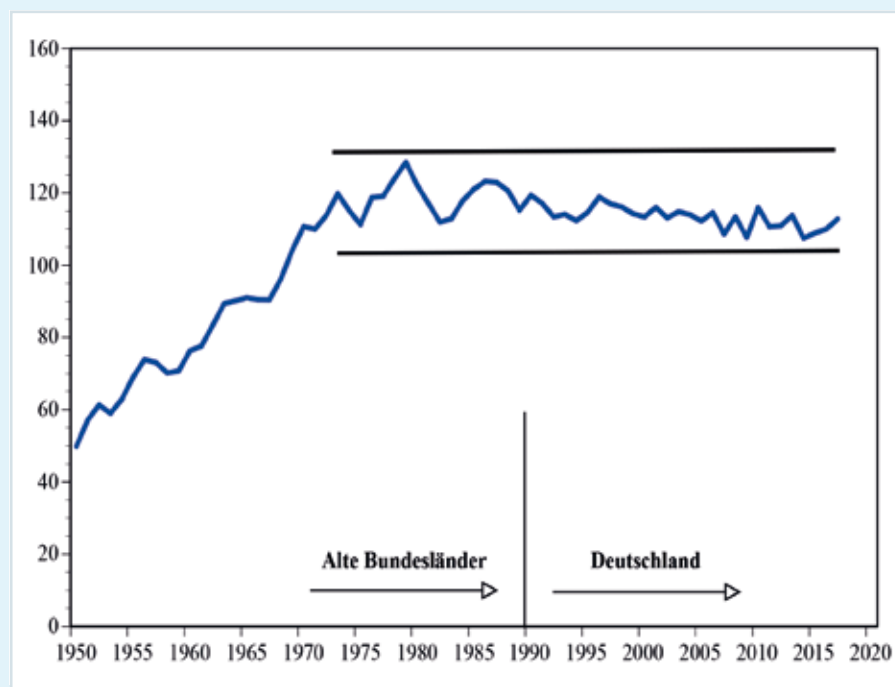


Abb. 3 Endenergieverbrauch in Deutschland pro Kopf (GJ) Quelle: AG Energiebilanzen

## World Energy Outlook 2018 – Das zentrale Szenario bis 2040

Im letzten November ist der World Energy Outlook 2018 von der Internationalen Energieagentur (IEA) veröffentlicht worden. Aufgezeigt wird die globale Entwicklung der Energieversorgung in drei Szenarien. Das New Policies Szenario wird von der IEA als zentrales Szenario klassifiziert. Es berücksichtigt die von den Regierungen angekündigte Politik und ihre Ziele. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieses Szenarios skizziert.

Der weltweite **Primärenergieverbrauch** nimmt in deutlich geringerem Maße zu als in der Vergangenheit angenommen. Der bis 2040 erwartete Zuwachs um 27 % im Vergleich zu 2017 hat dennoch eine Dimension, die dem heutigen Verbrauch von China und Russland zusammen entspricht.

Im Jahr 2000 entfielen noch mehr als 40 % des globalen Energieverbrauchs auf Europa und Nordamerika, 20 % auf die Entwicklungsländer in Asien. Bis 2040 werden sich die Relationen umgekehrt haben.

Der Anstieg des Primärenergieverbrauchs wird zu 43 % aus erneuerbaren Energien gedeckt. Mehr als die Hälfte des Zuwachses stammt aus konventionellen Energiequellen. Beim Ölverbrauch setzt sich das Wachstum noch bis 2040 fort – allerdings deutlich abgeschwächt. Die Ölnachfrage wird 2040 um 10 % höher sein als heute. Der weltweite Verbrauch von Kohle steigt bis 2040 um knapp 2 % gegenüber 2017. Die Nutzung von Erdgas expandiert um 43 %. Ende der 2020er Jahre löst Erdgas die Kohle als weltweit zweitwichtigsten Energieträger –

nach Erdöl – ab. Während im World Energy Outlook 2016 noch ein Zuwachs der Stromerzeugung auf Basis von Kernenergie von 78 % bis 2040 erwartet wurde, wird nun ein Anstieg um 41 % prognostiziert. Deutschland steigt bis Ende 2022 aus der Kernenergienutzung aus.

Die weltweite **Stromnachfrage** nimmt bis 2040 um 57 % und damit doppelt so stark zu wie der Primärenergieverbrauch. 66 % der Steigerung entfallen auf die Region Asien/Pazifik. Dort verdoppelt sich der Stromverbrauch nahezu. In China beträgt der Zuwachs 70 %, in Indien sogar 184 %. In der EU bleibt der Anstieg mit 7 % überschaubar. Die erneuerbaren Energien decken 70 % des Zuwachses der globalen Stromerzeugung ab. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Deckung des Strombedarfs erhöht sich von 25 % im Jahr 2017 auf 42 % im Jahr 2040 (Abb. 1). Ab dem Jahr 2026 werden sie die Kohle als bisherigen Energieträger Nr. 1 in der Stromerzeugung ablösen.

Im Vergleich zur letztjährigen Studie hat die IEA vor allem bei Wind und Photovoltaik die Erwartungen erneut deutlich heraufgesetzt.

Gründe sind die seit 2010 stark gesunkenen Kosten für Wind- und PV-Anlagen, deren Entwicklung insbesondere in Staaten wie China und Indien vorangetrieben wurde.

Die Stromerzeugung aus Erdgas nimmt fast im Gleichschritt mit der gesamten globalen Stromnachfrage zu. Der Anteil von Erdgas an der Stromerzeugung geht damit nur leicht von 23 % im Jahr 2017 auf 22 % im Jahr 2040 zurück.

Der Anteil der Kohle an der globalen Stromerzeugung sinkt zwar von 38 % im Jahr 2017 auf 26 % im Jahr 2040, da gleichzeitig der Stromverbrauch deutlich ansteigt (+ 57 %) ist der Kohleeinsatz zur Stromerzeugung 2040 höher als 2017. Zuwächse in der Kohlenutzung werden praktisch nur noch in Indien und in anderen ostasiatischen Ländern erwartet. In China hat der Kohleverbrauch nach Einschätzung der IEA den Peak erreicht. Bis 2040 wird mit einem leichten Rückgang gerechnet.

Das bedeutet, dass der Kohleverbrauch zur Stromerzeugung in China in den kommenden 20 Jahren im Wesentlichen konstant bleibt. Der Anteil der Kohle an der Stromerzeugung des Landes geht von 67 % im Jahr 2017 auf 40 % im Jahr 2040 zurück. Dagegen erhöht sich insbesondere der Anteil der erneuerbaren Energien und daneben auch von Kernenergie und von Erdgas.

Die globalen **energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen** nehmen bis 2040 (Abb. 2) noch um 10 % im Vergleich zu 2017 zu. Zwar flacht sich damit der Emissionsanstieg im Vergleich zur Vergangenheit deutlich ab. Allerdings würde mit einer solchen Entwicklung das Ziel, den Temperaturanstieg auf unter 2 Grad zu begrenzen, deutlich verfehlt.

In dem IEA-Szenario Sustainable Development, das erstmals in den World Energy Outlook 2017 Eingang gefunden hatte, wird

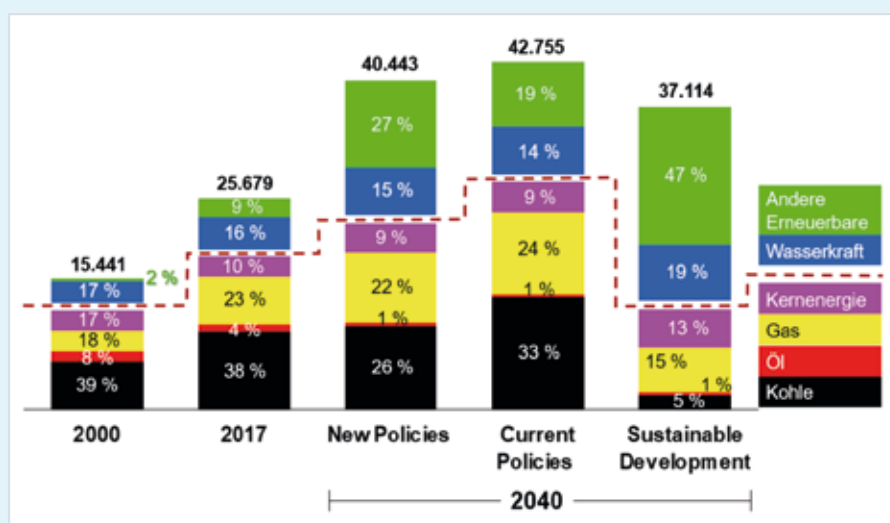


Abb. 1 Globale Stromerzeugung in TWh

Quelle: International Energy Agency, World Energy Outlook 2018

aufgezeigt, wie die CO<sub>2</sub>-Emissionen verlaufen müssten, um sie in Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen zu bringen – Rückgang um

46 % bis 2040 im Vergleich zu 2017. Das Sustainable Development Szenario setzt – neben einem verstärkten Ausbau der erneuerbaren

Energien – auf größere Erfolge bei der Steigerung der Energieeffizienz, auf einen forcierten Ausbau der Kernenergie (Verdoppelung der globalen Stromerzeugung aus diesem Energieträger bis 2040 im Vergleich zu 2017) und auf politische Unterstützung für CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Nutzung/Speicherung (CCUS) als Teil der Lösung zum Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens.

Insgesamt steht die globale Stromerzeugung vor gravierenden Veränderungen: Neue Ausrichtungen in der Energie- und Klimapolitik zahlreicher Staaten sorgen für einen kräftigen Anstieg von Erdgas und den Erneuerbaren in der Stromerzeugung. Kohle wird am Anstieg des Stromverbrauchs kaum noch partizipieren, aber weiterhin einen wichtigen Sockel für die Preis- und Versorgungssicherheit bereitstellen.

„et“-Redaktion

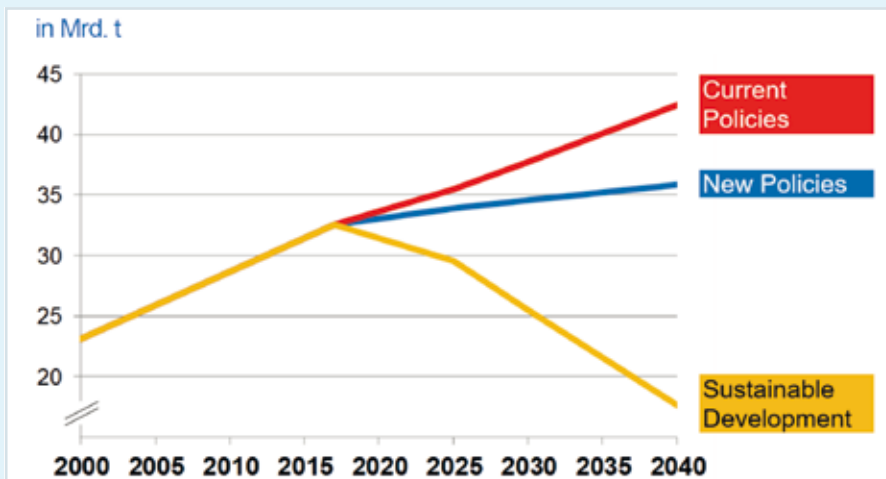


Abb.2 Verschiedene Szenarien im Vergleich - globale CO<sub>2</sub>-Emissionen 2000 bis 2040  
Quelle: International Energy Agency, World Energy Outlook 2018

### Klimaziele von Paris: Beitrag der Landnutzung

Deutlich unter zwei Grad Celsius im Vergleich zur vorindustriellen Zeit – auf diesen Wert soll die Erderwärmung laut Pariser Klimaabkommen begrenzt werden. Ein aktueller Sonderbericht des Weltklimarates zeigt jedoch, dass sich die globale Temperatur bereits jetzt um ein Grad Celsius erhöht hat. In einer Studie konnte ein Forschungsteam des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Universität Edinburgh zeigen, dass die bisherigen Bemühungen, Treibhausgase durch die Landnutzung des Menschen zu reduzieren, unzureichend sind. Ihre Ergebnisse stellen sie in der Fachzeitschrift Nature Climate Change vor (DOI: 10.1038/s41558-019-0400-5).

„Ein Viertel der vom Menschen verursachten Treibhausgase stammen aus der Landnutzung und dem damit verbundenen massiven Abbau von natürlichen Kohlendioxidsenken“, sagt Dr. Calum Brown vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), dem Campus Alpin des KIT. Weniger Wälder aufgrund von Entwaldung und intensive Land- und Weidewirtschaft haben ebenso einen Anteil am Klimawandel, wie fossile Kraftwerke und Verbrennungsmotoren. „Ob wir die Klimaziele des Pariser Abkommens erreichen, hängt daher auch erheblich davon ab, ob es uns gelingt, grundlegende, nachhaltige Veränderungen im Landnutzungssystem durchzusetzen.“ Gemeinsam mit der Universität Edinburgh hat das KIT untersucht, wie die Länder, die das Pariser Klimaschutzabkommen unterzeichnet haben, ent-

sprechende Maßnahmen planen, einführen, umsetzen und welche Wirkungen diese auf den Klimawandel haben könnten.

„Unsere Studie zeigt, dass wir schnelle aber realistische Lösungen finden müssen, um die Landnutzung durch den Menschen nachhaltig zu verändern, wenn wir die Klimaziele noch erreichen wollen“, betont Brown. Bisher haben etwa 197 Länder national festgelegte Beiträge (engl. Nationally Determined Contributions, NDC) ausgearbeitet. Die häufigsten Maßnahmen zielen darauf ab, Abforstungen deutlich zu verringern, großräumige Flächen wieder aufzuforsten und Treibhausgase aus der Landwirtschaft zu reduzieren. So wollen beispielsweise Indien und China in den nächsten Jahren eine Fläche bis zu 40 Millionen Hektar wieder aufforsten. „Wälder speichern große Mengen Kohlendioxid aus der Luft und können so unter anderem die Treibhausgase aus der Landwirtschaft reduzieren“, so Brown. „Diese Pläne könnten jedes Jahr bis zu 25 % der Treibhausgase durch menschliches Handeln entfernen“, erklärt Brown. „Jedoch braucht es häufig Jahrzehnte, bis sich Veränderungen zeigen – viel zu lange, um den Klimawandel wie gefordert zu entschleunigen.“

Calum Brown, Peter Alexander, Almut Arneth, Ian Holman and Mark Rounsevell: „Achievement of Paris climate goals unlikely due to time lags in the land system“ in: Nature Climate Change  
Abrufbar unter: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0400-5>