

Studie zur Klimaneutralität 2045¹

Offener Brief und Fragen zur Qualitätssicherung in öffentlichen Publikationen

An die

Autoren der Studie *“Klimaneutrales Deutschland 2045”*:

PROGNOS AG, WUPPERTAL INSTITUT und ÖKO-INSTITUT

deren Auftraggeber,

AGORA ENERGIEWENDE, AGORA VERKEHRSWENDE und STIFTUNG KLIMANEUTRALITÄT

und deren jeweilige Beiräte

vgl. Verteiler

Die Studie zur Klimaneutralität 2045 lässt wesentliche Fragen unbeantwortet

15. Aug. 2021

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Interesse haben wir Ihre Publikation gelesen. Die *αγορά* war bekanntermaßen im antiken Griechenland der zentrale Fest-, Versamlungs- und Marktplatz einer Stadt. Im Sinne eines “wissenschaftlichen Marktplatzes” weisen wir auf unsere offenen Fragen und Unklarheiten hin und wollen mit Ihnen in einen wissenschaftlichen Dialog auf diesem “Marktplatz” eintreten.

Wir beobachten,

1. dass in Ihrer Studie wesentliche Fragen außer Acht gelassen wurden,
2. dass gestellte Fragen nicht nach dem Stand der Wissenschaft beantwortet wurden,
3. dass der Lösungsraum für Klimaneutralität unnötig eingeschränkt wurde,
4. dass politische Vorgaben unzulässigerweise unhinterfragt blieben, und
5. dass an vielen Stellen wissenschaftliche Mindeststandards nicht erfüllt wurden.

¹ **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):** *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende*

Mit den Beobachtungen scheinen wir nicht allein: Vgl. dazu

- den sehr erhellenden und klar geschriebenen Bericht des Bundesrechnungshofes (BRH) zur Dysfunktionalität der Energiewende² oder
- die umfangreiche Stellungnahmen der IASTEC³ und
- anderen⁴ zu unwissenschaftlichen Vorgehensweisen und signifikanten Rechenfehlern.

Weitere Details zu unseren eigenen Untersuchungen entnehmen Sie bitte

1. der **Kurzfassung** und
2. den ausführlichen **Begründungen zum Peer-Review** in den Anlagen.

Aus unserer Sicht drängt sich der Eindruck des Ignorierens weltweiter Standards zum “*Stand des Wissens und der Technik*” sowie systematische Fragen bezüglich des wissenschaftlichen Arbeitsstils auf. Insofern ergeben sich daraus u. E. auch Haftungsfragen im Hinblick auf den politischen Beratungsprozess und den daraus resultierenden Schlussfolgerungen und Wirkungen⁵.

Gerne hören wir dazu Ihre Meinung. Um Ihre Rückäußerung bitten wir bis zum 27. August 2021, um unsere weiteren Projektplanungsschritte zum Evaluationsprozess darauf abstimmen zu können.

Für Ihre Bemühungen bedanken wir uns recht herzlich und verbleiben

mit freundlichen Grüßen

Dr. Björn Peters
bjoern.peters@energie-naturschutz.de

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter
holger.watter@hs-flensburg.de

Dr.-Ing. Peter Preusser
preusser@senior-energy-experts.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner
Thomas.Willner@haw-hamburg.de

²<https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/sonderberichte/2021/bund-steuert-energiewende-weiterhin-unzureichend>

³ <https://iastec.org/open-letter-2>

⁴ <https://holgerwatter.wordpress.com/2021/04/23/mobilitatskonzept-quo-vadis/>

Thess, Andre: Sieben Energiewendemärchen? Springer-Nature, Heidelberg, 2020.

Sinn, Hans Werner: Das grüne Paradoxon - Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik, Weltbuch-Verlag, 2020.

⁵ https://www.bbaw.de/files-bbaw/user_upload/publikationen/BBAW_Leitlinien_Politikberatung_2008.pdf
https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/rechtliche_rahmenbedingungen/gute_wissenschaftliche_praxis/kodex_gwp.pdf

Klimaneutrales Deutschland 2045

Eine kritische Durchsicht der Studie mit der zentralen Behauptung, Deutschland könne seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen

<https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045>

Klimaneutrales Deutschland 2045	3
Eine kritische Durchsicht der Studie mit der zentralen Behauptung, Deutschland könne seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen	3
I. Kurzfassung	4
II. Welche Qualitätsmerkmale von Energiewendestudien einzufordern sind	6
II.1 Realistische Abschätzung des Energiebedarfs	6
II.2 Beachtung der vier Bilanzen für technologische Ansätze	6
II.3 Gesellschaftliche Konsequenzen berücksichtigen	7
II.4 Keine Verschlechterung der Artenvielfalt	8
II.5 Ausreichende Datengrundlage schaffen	8
II.6 Beachtung von Ausweichmöglichkeiten	9
II.7 Vollständige Beachtung von wissenschaftlicher Literatur	9
II.8 Auch Langzeitbetrachtungen einschließen	10
II.9 Handlungsempfehlung für Journalisten und Politiker	10
III. Kritikpunkte zur Studie	11
III.1 Bedarfsprognose	11
III.2 Mengen- und Leistungsbilanzen	12
III.3 Bilanz der PV-Anlagen	12
III.4 Langzeitspeicher	13
III.5 Nah- und Fernwärmenetze	13
III.6 Flexibilitäten, insbesondere Industrie	14
III.7 Kohlenstoffbilanz	16
III.8 Ressourcenbilanz	16
III.9 Kostenbilanz	18
III.10 Gesellschaftliche Auswirkungen	18
III.11 Artenvielfalt und Naturschutz	19
III.12 Weitere Fragen	19
IV. Verteiler	22

I. Kurzfassung

Um sich ein umfassendes Bild über die Erfolgswahrscheinlichkeit der Energie-, Verkehrs- und Klimawende zu machen, müssen vier Bilanzen beachtet werden. Wieviel Energie, Kohlendioxid, Rohstoffe und Geld muss investiert werden, um das Ziel zu erreichen (vgl. Abschn. II.2)? Die Studie sagt hierzu nichts.

Das ist wie bei einer Marsmission, in der eine Studie über den Treibstoffbedarf befriedigend gelöst ist, jedoch Aussagen zum Sauerstoffbedarf und zum Nahrungsbedarf fehlen - es droht das Scheitern der Mission.

Dies ist deswegen problematisch, weil sich die Politik darauf verlässt, dass ihre Zielvorgaben tatsächlich erreichbar sind. Fehlen Studien, die die Erreichbarkeit von Klimazielen auf methodisch belastbare Weise untersuchen, gerät die Politik in einen Blindflug. Im Ergebnis drohen volkswirtschaftlich extrem teure Fehlentscheidungen, die private und öffentliche Haushalte nachhaltig belasten, ohne dass Treibhausgasemissionen so stark absinken wie vom Gesetzgeber angestrebt. Ferner entstehen hohe Risiken für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit, der kritischen Infrastruktur, mit unabsehbaren Folgen bei einem langandauernden und großflächigen Stromausfall mit einer Gefährdung von Gesundheit und Leben der Bevölkerung.

Um die Orientierung darüber, welchen Mindestanspruch wissenschaftliche Institute anstreben sollten, zu erleichtern, haben wir in Abschnitt II einen Katalog von sieben Forderungen an Energiesystemstudien formuliert. Danach formulieren wir ausführliche Fragen, um deren Beantwortung wir **bis zum 27. Aug. 2021** bitten. Exemplarisch benennen wir hier einige offene Fragen, die Ihre Studie aufwerfen.

Es fehlen weitere, unabdingbare Gesichtspunkte zur ganzheitlichen Bewertung, ohne die eine derartige Studie zur Klimaneutralität leider nur ein Mosaikstein darstellt, anhand dessen das Gesamtbild bestenfalls erraten werden kann. Exemplarisch seien genannt:

1. Die zugrunde gelegten Bedarfsprognosen an elektrischer Energie und Wasserstoff liegen deutlich unter den Prognosen anderer Institute und den Angaben der Chemie- und Stahl-Hersteller (vgl. Ziffern II.1 und III.1). Sie lässt keinen Raum für das Aufkommen neuer Technologien und deren potenziellen Energiebedarf. Von einer zu niedrigen Prognose gehen erhebliche Risiken für die Versorgungssicherheit und die Wirtschaft aus. Sensitivitäten werden nicht diskutiert.
2. Der technologische Lösungsraum wird viel zu eng definiert. Bestimmte, international anerkannte Methoden zur Erreichung von Klimaneutralität werden nicht im Ansatz diskutiert. Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit, zu den sozialen Auswirkungen, zur Versorgungssicherheit und zum Risikomanagement werden daher nicht am Stand der Technik diskutiert oder fehlen völlig. Es fehlt eine Gesamtkostenanalyse der verschiedenen Szenarien. Damit bleibt Politik und Bürgern unklar, ob das vorgestellte Szenario überhaupt finanzierbar ist, oder ob es mit dem weitgehenden Verlust der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft einherginge.
3. Die Autoren ignorieren vollständig, dass auch die Nutzung der Umgebungsenergien mit schädlichen Auswirkungen auf die Biosphäre und den Menschen verbunden sind. Die Gefahren für den Erhalt der Artenvielfalt und für die Gesundheit der Bevölkerung beispielsweise durch Infraschall aus Windkraftanlagen werden außer Acht gelassen und unzureichend erforscht (vgl. Abschn. II.4). Auch die ethische Dimension, dass eine Versorgung mit Solar- und Windenergie wesentlich von der Größe der verfügbaren Flächen

abhängt, und Energieverbrauchswachstum dann künftig nicht mehr befriedigt werden kann, ohne neue Flächen zu besetzen, wird ignoriert. Der Staat übersieht seine Vorsorgepflicht und seine Berater müssen ihn darauf hinweisen!

4. Die Begriffe der Versorgungssicherheit und Netzstabilität, u.a. im Hinblick auf erhöhte Leistungsanforderungen, fallen nicht ein einziges Mal in der Studie. Nirgendwo wird erläutert, dass die Autoren sich umfassend mit den raum-zeitlichen Eigenschaften der witterungsbedingt stark schwankenden Solar- und Windeinspeisung beschäftigen. Dabei kommt es gerade bei Energiesystemen, die sich vorwiegend auf wetterabhängige Umgebungsenergien wie Solar- und Windenergie stützen, zum Erhalt der Versorgungssicherheit empfindlich darauf an, die Ränder der Häufigkeitsverteilung genauer zu kennen (vgl. Abschn. II.5).
5. Es fehlen auch grob fahrlässig eine ganzheitliche Risikobewertung und die Abschätzung von nicht beabsichtigten Nebeneffekten, beispielsweise durch globale Ausweichbewegungen (Produktionsverlagerungen, Firmenabwanderungen), Versorgungsengpässe, Black-Out-Ereignisse u.a., nach den DIN-Regeln 69901 zu einem probaten Projektmanagement oder nach DIN 31000 zum Risikomanagement. Belastbare physikalische Optionen und Perspektiven sind nicht erkennbar (vgl. Abschn. II.6).
6. Die Studie setzt umfangreiche Verhaltensänderungen der Bevölkerung in Bezug auf Fleischkonsum und Mobilitätsverhalten voraus. Die Verknüpfung von Verhaltensänderungen in großem Umfang mit Bedarfsprognosen und Emissionen ist brisant, weil damit künftige Generationen in ihrem Verhalten eingeschränkt werden, ohne dass dies problematisiert würde (vgl. Abschn. II.3).
7. Die aktuelle Corona-Krise zeigt die Bedeutung eines belastbaren Erwartungsmanagements und die Missachtung von europäischen Verträgen. Was bei Corona die geschlossenen Grenzen trotz Schengen-Abkommens war, könnte in der Energiewirtschaft das Aussetzen von grenzüberschreitenden Stromlieferungen in europäisch gleichzeitig stattfindenden Mangellagen sein. Auch in dieser Hinsicht fehlen probate Planungsgrundlagen und eine Risikoabschätzung, so dass Fehleinschätzungen und Enttäuschungen vorprogrammiert und angelegt erscheinen.
8. Für das Gelingen der Transformation notwendige Fragestellungen, die über eine oberflächliche ingenieurmäßige Betrachtung hinausgehen, fehlen. Das sind beispielsweise: Wie muss der Ordnungsrahmen, wie muss das Marktdesign im Sinne des neuen Systems entwickelt werden? Wie lassen sich die Ziele unter den Bedingungen der deutschen Planungs- und Genehmigungspraxis zeitlich erreichen? Ist die Transformation im Rahmen der freiheitlich-demokratischen Grundordnung umsetzbar oder sind dafür Grundrechtseingriffe nötig bzw. eine Art Sozialpunktesystem nach chinesischem Vorbild?

II. Welche Qualitätsmerkmale von Energiewendestudien einzufordern sind

Wir stellen hier allgemeinere Forderungen an die Einhaltung wissenschaftlicher Standards beim Abfassen von "Energiewendestudien" vor, also solchen, die sich mit der Machbarkeit einer Energieversorgung mit wetterabhängigen Umgebungsenergien (vor allem Solar- und Windenergie) beschäftigen. Wir vermissen einheitliche Standards, welche Forschungsfragen gestellt werden müssen. Hieraus ergibt sich naturgemäß ein Defizit an Antworten, die bei der umfassenden Bewertung der Machbarkeit der Energiewende fehlen. Hierdurch kam es wiederholt zu erheblichen Rügen von staatlichen Institutionen und angesehenen Organisationen wie dem Bundesrechnungshof, der Monopolkommission, dem Bund der Steuerzahler, der VGB Powertech und dem Verband der Familienunternehmer. Regelmäßig beklagten diese Institutionen das Fehlen ausreichender Zielvorstellungen, realistischer Planungsansätze und Maßnahmen des Durchführungscontrollings, die für den Erfolg der Energiewende unabdingbar sind.

Wissenschaftliche Institutionen, die mit der Untersuchung der Machbarkeit betraut wurden, haben in der Vergangenheit wiederholt Planvorgaben unkritisch übernommen und naheliegende Forschungsfragen außer Acht gelassen. Im Ergebnis verspielen sie ihre wissenschaftliche Reputation und kommen zu für den politischen Beratungsprozess unnützen, buchstäblich wertlosen (s.u.) Ergebnissen. Das Resultat sind falsche und kostspielige Maßnahmen auf Grundlage dieser Ergebnisse.

Mit den folgenden Mindestanforderungen an wissenschaftliche Energiewendestudien wollen wir das Niveau der energiepolitischen Beratungspraxis deutlich auf das notwendige Maß anheben.

II.1 Realistische Abschätzung des Energiebedarfs

In vielen Studien wie auch in der vorliegenden wird vorausgesetzt, dass sich der Energiebedarf durch Investitionen in höhere Energieeffizienz deutlich reduzieren ließe. Punktuell ist dies einerseits richtig, denn das Streben nach immer höherer Effizienz ist ein zentraler Treiber wirtschaftlicher Entwicklung. Tatsächlich zeigt jedoch die Erfahrung, dass durch neue technische Anwendungen und Rebound-Effekte die Effizienzgewinne in bestehenden Bereichen immer wieder kompensiert werden. Energiewendestudien sollten den Energiebedarf dementsprechend realistischer einschätzen und große Fehlermargen zulassen, da der Energiebedarf künftiger Generationen von zahlreichen nicht bestimmbar Parametern und noch in Entwicklung befindlichen Technologien abhängt. Für Deutschland sollten sie mindestens von einem konstanten Nutzenergiebedarf ausgehen, weltweit von einem deutlich steigenden. Des Weiteren sind Lastprofile verschiedener Szenarien zu untersuchen, also das zeitliche Verhalten von Energiebedarfen.

II.2 Beachtung der vier Bilanzen für technologische Ansätze

Viele Studien einschließlich der vorliegenden konzentrieren sich darauf, die technische Machbarkeit von einzelnen Technologien anhand weniger Bilanzarten zu demonstrieren. Tatsächlich gibt es insgesamt vier Bilanzarten, in denen technologische Ansätze einen Mehrwert liefern müssen:

- **Energiebilanz:** Energietechnologien müssen ein Vielfaches an Energie im Verhältnis zu eingesetzten Energie freisetzen. Problematisch sind hier zum Beispiel Solar- und Windenergie in Verbindung mit dem Aufwand für Bau und Recycling sowie den zum Ausgleich der starken

Produktionsschwankungen benötigten Speichern. Zur Energiebilanz zählen nicht nur die jährlichen Energiemengen, sondern auch die kurzfristig abgeforderten Energieleistungen mit einer Analyse von Leistungsspitzen.

- **Kohlenstoffbilanz:** Sie müssen erheblich mehr CO₂ einsparen, als zu ihrem Aufbau, Betrieb und Abbau eingesetzt wird. Offen ist, ob bei starkem Windkraftausbau die notwendigen Speicher gebaut werden können, ohne temporär die Kohlenstoffbilanz massiv zu belasten. Ob diese Belastung verträglich ist mit den Klimazielen unter Beachtung der Physik des Klimawandels insbesondere im Hinblick auf die noch verbleibende Zeit für die Einhaltung eines bestimmten Erwärmungszieles, ist zumindest fraglich – die Frage wurde noch nicht gestellt und beantwortet.
- **Ressourcenbilanz:** Die für sie notwendigen natürlichen Ressourcen einschließlich Wasser müssen nachhaltig verfügbar sein. So ist zum Beispiel die Menge an kostengünstig und umweltfreundlich abbaubaren Lithiums beschränkt. Für Batterien in dem geplanten Umfang reichen die abbaubaren Vorräte absehbar nicht aus, zudem schon der geplante massive Ausbau der Elektromobilität in dieser Hinsicht an Grenzen stößt. Auch wird die Wasserbilanz durch den derzeitigen Lithiumabbau erheblich belastet.
- **Kostenbilanz:** Die Investitions- und Betriebskosten dürfen nicht wesentlich höher liegen als die Kosten des heutigen Energiesystems, ansonsten wird sich die Energiewende weltweit nicht durchsetzen lassen. Besonders problematisch wird in dieser Hinsicht der Kontinent Afrika sein mit besonders hohem Bevölkerungszuwachs bei vergleichsweise geringer Wirtschaftskraft.

Fehlt in einer Energiewendestudie auch nur eine dieser vier Bilanzen, ist sie im Wortsinne „Wert-los“ und damit untauglich für die Politikberatung.

II.3 Gesellschaftliche Konsequenzen berücksichtigen

Ziele der Energiewende waren auch die Reduzierung der Importabhängigkeit für Energierohstoffe und die Demokratisierung der Stromproduktion. Die sozialen Folgen sollten minimal sein. Tatsächlich aber sprechen die meisten jüngeren Energiewendestudien davon, dass Deutschland auch in Zukunft erhebliche Mengen der Energie in Form von Strom, Wasserstoff oder anderen Energieträgern importieren müsse. Weil das nicht ohne massive Landnahme möglich ist, werden bereits seit einiger Zeit Gespräche mit Ländern wie Marokko geführt, deren Potenzial an erneuerbarer Energie größer als der Eigenbedarf ist. Eine objektive Bewertung dieser Energieimportpolitik bezüglich Chancen und Risiken für Deutschland ist angeraten.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass bei Energiesystemen, die wesentlich auf die wetterabhängigen Umgebungsenergien Sonne und Wind setzen, die erntbare Energie direkt von der zur Verfügung stehenden, begrenzten, nationalen Fläche abhängt. Dies führt zu dem regelmäßig übersehenen ethischen Problem, dass unsere heutige Generation Weichen für den Energieverbrauch künftiger Generationen stellt und sie auf ein Leben mit festem Energiebudget einengt.

Häufig wird zudem übersehen, dass die Abhängigkeit von Sonne und Wind zu einem Überangebot an Energie in manchen Zeiten und zu einem Mangel in anderen Zeiten führt. Diese Strommangelwirtschaft birgt die Gefahr, marktwirtschaftliche Allokationsmechanismen, die im Einklang mit unserer freiheitlich-demokratischen Grundordnung stehen, auszuhebeln. Sie müssen durch dirigistische Zuteilungsmechanismen ersetzt werden, wobei eine demokratische Kontrolle

der Netzbetreiber oder anderer Institutionen, die die Zuteilung von Strom in Mangelphasen künftig übernehmen werden, noch nicht im Ansatz angedacht sind.

Manche Protagonisten der Energiewende reden gar der umfassenden Änderung der Lebensgewohnheiten bis hin zur Beendigung der Demokratie zugunsten einer straffen Verhaltensvorgabe auf Basis ökologischer Begründung durch staatliche Stellen das Wort, aber sind nicht mutig genug, eine offene gesellschaftliche Debatte darüber anzustoßen⁶. Über solch grundlegenden Eingriffe in die Art des menschlichen Zusammenlebens müssen die Bürger in einer Demokratie jedoch mitentscheiden dürfen. Diese Konsequenz sollte zwingend in allen Energiewendestudien diskutiert werden.

Zuletzt steht die Windkraft im Verdacht, über den dort erzeugten Infraschall gesundheitliche Schäden bei Menschen in der auch weiteren Nachbarschaft zu verursachen. Würde es sich um eine andere Technologie bspw. aus der Chemie handeln, wären die Forderungen nach weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen lautstark zu hören. Doch auch bei den Umgebungsenergien gilt das Vorsorgeprinzip, und die noch bestehenden Unsicherheiten sollten schnellstens im Rahmen von Studien verringert werden.

II.4 Keine Verschlechterung der Artenvielfalt

Wiewohl die Nutzung von fossilen Energierohstoffen ökologische Probleme verursacht, auch Umgebungsenergien tragen durch ihren enormen Flächen- und Rohstoffverbrauch erheblich zu Umweltschäden und Schädigungen in der Tierwelt bei, nicht nur in Deutschland, sondern auch in den Ländern, in denen die für die Energiewendetechnologien notwendigen Rohstoffe abgebaut werden.

Der Erhalt der weltweiten Artenvielfalt ist das mit Abstand drängendste ökologische Problem. Unsere Generation muss Lösungen entwickeln, wie sich eine weiter prosperierende menschliche Zivilisation mit den Notwendigkeiten, Grenzen und Möglichkeiten der Ökosphäre in Einklang bringen ließe. Eine Verengung der ökologischen Perspektive nur auf die Emission von Treibhausgasen allein mag politisch angehen, im wissenschaftlichen Bereich ist sie unzulässig.

II.5 Ausreichende Datengrundlage schaffen

Der Kern der meisten Energiewendestudien liegt darin, dass eine Energieproduktion beschrieben werden soll, die sich hauptsächlich auf die wetterabhängigen Umgebungsenergien Sonne und Wind stützt. Weil deren Produktion im tages- und jahreszeitlichen Zyklus schwankt und überlagert wird von der Unberechenbarkeit der Witterung, ist es unabdingbar, die raum-zeitlichen Eigenschaften von Witterung hinreichend genau zu kennen. Bei der Berechnung des Flexibilitätsbedarfs im Energieversorgungsnetz, also der Dimensionierung von Speichern, Nachfragemanagement usw., kommt es nicht auf Durchschnittszahlen an, sondern darauf, auch moderat und stark abweichende Wetterereignisse mit zu berücksichtigen. Hieraus ergibt sich die Anforderung, möglichst lange Wetterzeitreihen bei der Simulation eines Energieversorgungssystems zu verwenden, um auch die längste mögliche Dunkelflaute zu berücksichtigen. Wissenschaftlicher Standard sollte eine 30-jährige Wetterzeitreihe sein, demgegenüber verwenden viele Studienautoren nur einjährige Datensätze.

⁶ <https://www.tagesspiegel.de/politik/ob-corona-oder-klimakrise-reagieren-demokratien-zu-langsam/27166910.html>

Hieraus lässt sich ableiten, dass die Etablierung eines neuen Fachgebiets der Statistischen Energiemeteorologie unabdingbar gewesen wäre, *bevor* politische Weichenstellungen hin zu einer Energiewendepolitik getroffen wurden. Dass diese elementaren Fragen an die Eigenschaften von Witterung nicht gestellt wurden, ist für ein Wissenschaftsland eine Blamage. Diese Wissenslücke muss dringend geschlossen werden, und die deutschen Wissenschaftsorganisationen müssen sich hierfür mit starker Stimme einsetzen.

II.6 Beachtung von Ausweichmöglichkeiten

Viele der Energiewendestudien beziehen sich allein auf Europa oder gar nur auf Deutschland. Dabei wechselwirkt die deutsche / europäische Energie- und Klimapolitik erheblich und komplex mit dem Geschehen in anderen Industrieländern und besonders in Schwellenländern. Das Ignorieren dieser Wechselwirkungen ist gefährlich. So hängt der Erfolg unserer Klimapolitik – mit der ein globales Ziel der CO₂-Emissionsminderung erreicht werden soll – empfindlich von den Reaktionen der Schwellenländer ab. Ohne eine weltweite Synchronisation der Energiepolitik verbilligt ein sinkender Verbrauch an fossilen Energierohstoffen in den OECD-Ländern die Nutzung von Kohle, Öl und Gas in den Schwellenländern; hierdurch wird der Anreiz, dort gleichfalls auf fossile Energierohstoffe zu verzichten, abgeschwächt (“Grünes Paradoxon”)⁷.

Eine noch so ‘grüne’ Energiepolitik hierzulande kann also in Bezug auf das Ziel der weltweiten Emissionsminderung komplett verpuffen. In der Politologie etabliert sich hierfür derzeit der Terminus der “Gartenzwergpolitik”: Eine Politik, die nur innerhalb der Landesgrenzen wirksam ist, aber „jenseits des Zauns“ zu gänzlich anderen als den beabsichtigten Wirkungen führt, vernichtet volkswirtschaftliches und politisches Kapital. Wissenschaftler, die mit der Abfassung von Energiewendestudien beauftragt sind, sollten auf diese komplexeren Zusammenhänge hinweisen und die Auftraggeber daran hindern, in zu stark vereinfachendem, linearem Denken zu verharren.

II.7 Vollständige Beachtung von wissenschaftlicher Literatur

Viel zu häufig wird sich in Energiewendestudien sehr selektiv auf die eigene Hypothese bestätigende, aber nicht auf widersprechende kritische wissenschaftliche Literatur bezogen, oder noch bedenklicher, es wird graue Literatur von interessegeleiteten Lobbyverbänden, Nichtregierungsorganisationen oder Zeitungsartikel zum Beweis eines wissenschaftlichen Punkts herangezogen. Es sollte bei der Untersuchung der Energiewende zum Standard gehören, die weltweit beste, begutachtete Literatur in voller Breite zu würdigen. Gerade bei Themen wie Kernkraft, Carbon Capture & Storage sowie Elektromobilität verwechseln zu viele Forscher politische Ziele mit realen, dokumentierten Fakten. Besonders problematisch wird dies, wenn Elaborate ohne ausreichende Quellenbegründung und ohne wissenschaftliche Begutachtung veröffentlicht werden. Es gibt zahlreiche Beispiele von solchen Veröffentlichungen, die von Medien als wissenschaftliche Literatur missverstanden werden, obwohl sie formal Meinungsäußerungen von Wissenschaftler darstellen.

⁷ <https://www.hanswernersinn.de/de/themen/GruenesParadoxon>

II.8 Auch Langzeitbetrachtungen einschließen

Zuletzt ein Punkt, der gerade bei Energiewendestudien von hoher Relevanz ist. Eine der Arbeitshypothesen bei der Entwicklung der Energiewende war, dass die Investition in wetterabhängige Umgebungsenergien dazu führt, dass (variable) Brennstoffkosten durch (fixe) Investitionskosten ersetzt werden. Dies ist nicht falsch, bedarf aber der Ergänzung, weil die Kraftwerke aus dem Bereich der Umgebungsenergien nur relativ kurz betrieben werden können (15 bis 30 Jahre). Daher müssen nach erfolgreichem Umbau der Energieversorgung auf Umgebungsenergien jährlich 3-6 Prozent der Kraftwerke jeweils zurückgebaut und dann erneuert werden. Die Aufwände hierfür sollten in seriösen Studien auch über den Zielzeitpunkt (üblicherweise 2050) mit abgeschätzt werden in allen relevanten Dimensionen: Energie, Treibhausgase, Rohstoffe und Kosten, aber auch die gesellschaftlichen, sozialen und wirtschaftlichen Folgen sind zu berücksichtigen.

II.9 Handlungsempfehlung für Journalisten und Politiker

Wissenschaftler, Medien und Politiker müssen zwischen allgemeinen Veröffentlichungen mit privaten Äußerungen von Wissenschaftlern und echter wissenschaftlicher, begutachteter Fachliteratur besser zu unterscheiden lernen. Gerade Medienvertreter müssen lernen, dass nur letztere durch einen Prozess gegangen ist, in dem die obigen Qualitätsmerkmale guter Energiewendestudien überprüft werden konnten. Demgegenüber werden Veröffentlichung in hauseigenen Medien gerne von den PR-Abteilungen der Studien publizierenden Wissenschaftsinstitutionen beworben. Leider ist auch festzustellen, dass eine von Wissenschaftlern verfasste Studie nicht notwendigerweise Wissenschaft in engerem Sinne ist bzw. wissenschaftlichen Kriterien genügt – sie kann auch Meinungen über wissenschaftliche Themen transportieren, ohne wissenschaftlichen Ansprüchen zu genügen. Dies zu unterscheiden ist Aufgabe sowohl von Wissenschaftlern als auch von Journalisten und Politikern.

III. Kritikpunkte zur Studie

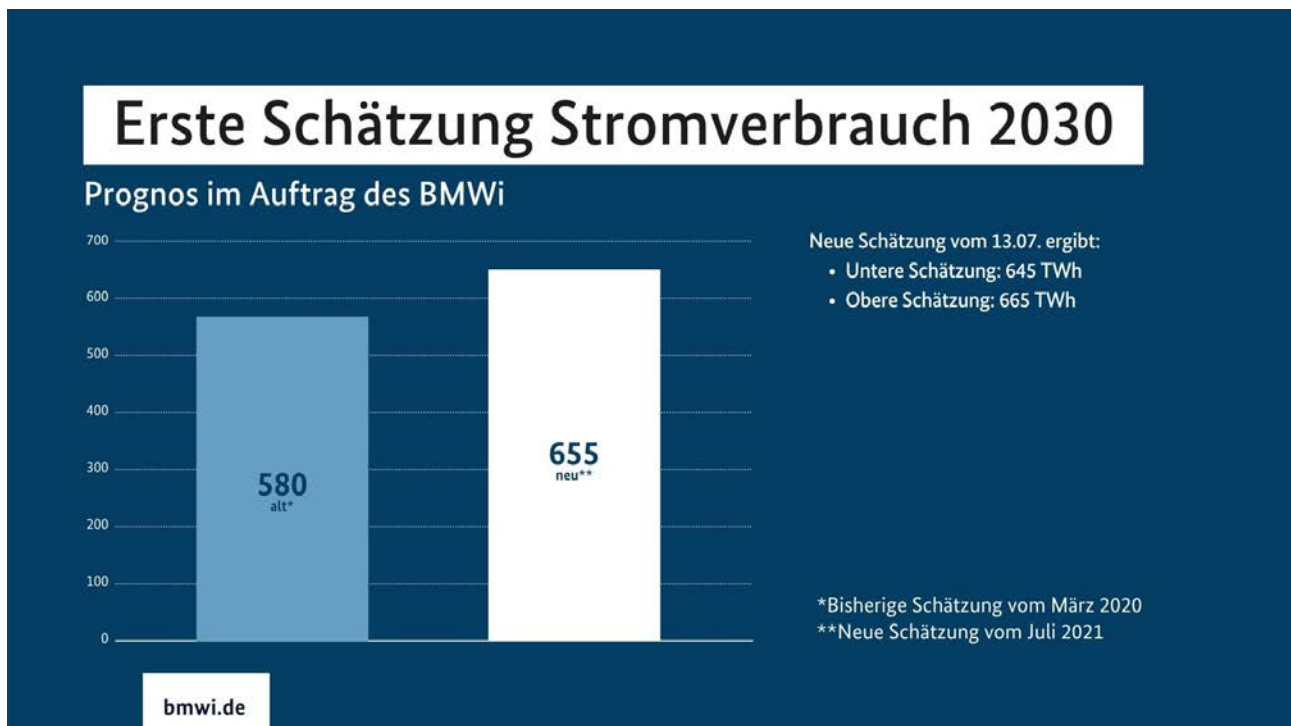
III.1 Bedarfsprognose

Die Strom-Bedarfsprognose für 2045 weicht erheblich von derjenigen ab, die Fraunhofer ISE kürzlich in seinem Referenzszenario für 2050 aktualisiert hat⁸.

- Fraunhofer ISE Installierte Leistung (Wind + PV) 746 GW; Produktion 1570 TWh/a
- AGORA-Studie Installierte Leistung (Wind + PV) 608 GW, Produktion 899 TWh/a

Diese Abweichung sollte kommentiert werden.

Die Studie nimmt einen starken Rückgang des Primärenergiebedarfs von 13,1 EJ im Jahr 2018 auf 6,5 EJ im Jahr 2045 an. Diese Reduktion wird nicht im Einzelnen begründet, was angesichts der Bedeutung dieser Randbedingung nicht akzeptabel ist. Jahreszeitlich veränderliche Bedarfsprofile fehlen. Eine verstärkte Nutzung neuer Anwendungen und zu erwartende Rebound-Effekte werden nicht berücksichtigt. Gerade musste das Bundeswirtschaftsministerium die Stromprognosen für 2030 um 10% nach oben korrigieren⁹. Es stellt sich die Frage nach der Basis und der Belastbarkeit der vermeintlichen Prognosen.



Noch wichtiger als über das Jahr kumulierte Energiemengen sind kurzzeitig abgeforderte Energielieferungen. Die dafür notwendigen Leistungsprofile fehlen vollständig. Einfache Überschlagsrechnungen (siehe nachfolgende Beispielrechnung und o.g. Grafik) zeigen, dass sich Leistungsanforderungen an Energieproduktion und Netze durch den zunehmenden Elektrifizierungsgrad erheblich erhöhen werden. Neue Stromverbraucher im Verkehrs- und

⁸ Fraunhofer ISE:

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Zielverschärfung.pdf>

⁹ 13.07.2021: Zehn Prozent höher als erwartet - Altmaier korrigiert Strombedarf nach oben

<https://www.n-tv.de/wirtschaft/Altmaier-korrigiert-Strombedarf-nach-oben-article22679626.html>

Wärmebereich aber auch zusätzliche strombasierte Wasserstoffproduktion für die Industrie sind in der Studie nicht unter dem Leistungsaspekt berücksichtigt.

Überschlägiges Rechenbeispiel für Leistungspeaks 2045:

Annahme 36 Mio. E-Autos (Studie KN2045-Annahme Abb. 13)

- 1. Nur 1 Mio. E-Autos werden gleichzeitig über Schnellladestationen mit durchschnittlich 200 kW versorgt. Die abgeforderte Stromleistung beträgt 200 GW.*
- 2. Nur 20 Mio. E-Autos laden gleichzeitig über Nacht in 8 Stunden Batteriekapazitäten von jeweils durchschnittlich 80 kWh. Die abgeforderte Stromleistung beträgt wieder 200 GW.*

In beiden Fällen ergeben sich allein für die E-Mobilität Stromleistungen, für die weder Stromproduktion noch Netz ausgelegt sind. Zusätzliche neue Verbraucher im Wärmemarkt insbesondere im Winter und für die industrielle Wasserstoffproduktion sowie der heute schon vorhandene normale Stromverbrauch kämen noch dazu.

III.2 Mengen- und Leistungsbilanzen

- Die Studie rechnet für 2045 mit installierten Windanlagen-Leistungen von 145 GW Onshore bzw. 70 GW Offshore sowie mit Produktionen von 309 TWh Onshore bzw. 252 TWh Offshore. Daraus resultieren Volllaststunden von 2100 Onshore bzw. 3600 Offshore. Reale Werte lagen in den Jahren 2016 bis 2019 bei durchschnittlich 1500 bis 1900 Stunden Onshore bzw. 2900 bis 3300 Stunden Offshore¹⁰. Durch das geplante Repowering ergeben sich höhere Nabenhöhen und damit geringere Grenzschichteffekte, so dass die Volllaststunden zwar leicht positiv beeinflusst werden, aber keinen grundsätzlichen technischen Fortschritt kennzeichnen. In der Studie wird die Verfügbarkeit der Windenergie demnach deutlich zu hoch angesetzt. Die Situation wird sich tendenziell wegen der gegenseitigen Abschattung mit zunehmender Dichte von Windanlagen sogar noch verschlechtern.
- Generell ergeben sich in der Studie die Mengen- und Leistungsbilanzen aus den Charakteristika der Anlagen (Volllaststunden pro Jahr; Erfahrungs- bzw. Erwartungswerte) sowie den Absatzerwartungen unter Berücksichtigung von Speichern und Demand-Side-Management. Die eher "schlechte Verfügbarkeit" und "fehlende Zuverlässigkeit" wird u.E. nicht ausreichend thematisiert und reflektiert. Es fehlt eine probate Nutzwertanalyse zu den unterschiedlichen Konzepten¹¹. Wetterbedingte Produktionsschwankungen von Jahr zu Jahr werden ignoriert, anstatt das System auf das „schlechteste“ Wetterjahr auszulegen.
- Das Thema „Kannibalisierung“ PV gegen PV, Wind gegen Wind und PV gegen Wind erscheint mit dem Ergebnis, dass 2045 nur 5% der Gesamtproduktion abgeregelt werden müssen, unrealistisch (s. Punkt III.3) bzw. müsste ausführlicher diskutiert werden.

III.3 Bilanz der PV-Anlagen

- Die Studie rechnet für 2045 mit einer installierten PV-Leistung von 385 GW und einer Produktion von 355 TWh/a. Die daraus resultierende Volllaststundenzahl von 922 und entspricht ungefähr dem deutschen Durchschnitt.
- Diese Rechnung berücksichtigt nicht die saisonalen Unterschiede: Im Sommer mit vielen Sonnenstunden wird man eine relativ hohe „Kannibalisierung“ (s.o.) beobachten können. Ein großer Teil der Produktion ist damit wertlos, es sei denn, nachgelagerte Anlagen wie

¹⁰ BMWi 2020: Erneuerbare Energie in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2019.

¹¹ <https://holgerwatter.wordpress.com/2021/06/09/umgang-mit-zielkonflikten/>

die Elektrolyse werden unwirtschaftlich für Spitzenlasten ausgelegt¹². Der Wärmemarkt hat im Sommer nur ein eingeschränktes Aufnahmevermögen.

- Im Winter muss das Defizit anderweitig ausgeglichen werden (s. Punkt III.4).

III.4 Langzeitspeicher

Die Studie benennt keine technische Lösung für die Langzeitspeicherung von Strom. Versorgungslücken sollen zunächst mit Erdgas, später mit grünem Wasserstoff über Gasturbinen ("Power Peaker") überbrückt werden. Die Herstellung und Zwischenspeicherung der benötigten erheblichen Mengen an Wasserstoff ist nicht geklärt. Die Nutzungsgrenzen des großen Erdgasnetzes als bestehende Infrastruktur für die Zwischenspeicherung nach Methanisierung des Wasserstoffs werden nicht berücksichtigt. Entweder müssten die Zusatzkosten für den Aufbau einer neuen Speicherinfrastruktur für Wasserstoff, oder der zusätzliche Aufwand für Methanisierung des Wasserstoffs einkalkuliert werden. Außerdem werden erhöhte Wasserstoffkosten aufgrund begrenzter Volllastbetriebsstunden der Produktionsanlagen nicht berücksichtigt.

Gasturbinen sollen kurzfristig als Ersatz für die stillzulegenden Kern- und Kohlekraftwerke gebaut werden. Wegen ihrer Schnellstartfähigkeit, der hohen Laständerungsgeschwindigkeiten und der unsicheren Marktentwicklung werden dies überwiegend offene Gasturbinen (Modell Biblis und Leipzig) sein. Bei einem Einsatz von 1000 Volllaststunden pro Jahr ergeben sich danach Durchschnittskosten von 39 ct/kWh. Dieser Wert unterstellt einen Wirkungsgrad der Gasturbinen von 45%. Tatsächlich dürfte der mittlere Wirkungsgrad wegen der Betriebsbedingungen (häufiges An- und Abfahren, Teillasten, Verschmutzungen während der Betriebszeit) im Mittel eher bei 30% liegen. Damit ergeben sich variable Kosten von rd. 45 ct/kWh und Gesamtkosten von 51 ct/kWh.

Die Kosten für den Wasserstoff beruhen auf einer Auslastung der Elektrolyseanlagen von 4000 Volllaststunden pro Jahr. Es sollte erklärt werden, wie man zu dieser optimistischen Annahme kommt, wenn die vorgelagerten Kraftwerke sehr viel niedrigere Volllaststunden haben. Wahrscheinlich müssen zusätzlich die Kosten für den Einsatz von Wasserstoff erhöht werden. Die Kostenrisiken für das Gesamtsystem sind gewaltig, je nachdem wie viel Strom auf diese Weise erzeugt werden muss (s. hierzu auch Punkt III.3, Winter).

III.5 Nah- und Fernwärmenetze

Zu den Vorschlägen "Fernwärmeezeugung" in Abb. 21 der Studie:

Fern- und Nahwärme sind verglichen mit anderen Systemen der Wärmeversorgung teuer und insbesondere festkostenlastig. Die Grundgedanken der Systeme waren Ersatz von Brennstoff durch Kapital und die Nutzbarkeit verschiedenster Wärmequellen (Heizkraftwerke, Müllkraftwerke, industrielle Abwärme). Dem stehen auf der Aufwandseite gegenüber: Heizkraftwerke oder Wärmetauscher auf der Einspeiseseite, Pumpstationen, erdverlegte, isolierte Zweileitersysteme, Kompensatoren, Wärmetauscher samt Regeleinrichtungen beim Verbraucher. Dazu kommen thermodynamische Verluste durch die Differenzen zwischen Vor- und Rücklauftemperaturen des Verteilsystems. Zu beachten ist, je geringer die Temperaturdifferenz, desto größer die umzuwälzenden Wassermengen und die Pumparbeit¹³.

¹² <https://holgerwatter.wordpress.com/2020/10/27/regionalentwicklung-gemeinsam-gestalten/>

1. ¹³Baehr, Kabelac: Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen, Springer-Verlag, 16. Auflage, 2016.
2. Herwig, Kautz: Technische Thermodynamik, Pearson-Verlag, München, 2007.
3. Wagner, Walter: Wärmeaustauscher, 5. Auflage, Vogel-Fachbuchverlag, Würzburg, 2015.

Diese Kostenpositionen müssen durch die thermodynamischen Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung, durch preiswerte Brennstoffe und / oder sonstige günstige Wärmequellen überkompensiert werden. Wegen der Festkostenbelastung war es schon in der Vergangenheit schwierig, selbst ganze mehrgeschossige Häuserzeilen im Wettbewerb mit Erdgas für die Fernwärme zu gewinnen.¹⁴

Das Potenzial für die Überkompensation sollte angesichts der Energiewende im Gebäudesektor überprüft werden.

1. Neue Gebäude sollen überwiegend als Niedrigenergiehäuser oder gar Passivhäuser gebaut werden. Bestehende Gebäude sollen in Richtung geringeren Wärmeverbrauchs modernisiert werden. Damit geht der Divisor für die Festkosten zurück. Entsprechend steigen die spezifischen Kosten der Fernwärme.
2. Nach der Studie sollen die Fern- und Nahwärmesysteme künftig zu 25% mit grünem Wasserstoff und zu knapp 30 % mit Wärmepumpen betrieben werden. Der Betrieb von KWK-Anlagen mit grünem Wasserstoff ist wirtschaftlich zu hinterfragen, da ein großer Teil der Systemvorteile durch die Umwandlung von Ökostrom in Wasserstoff (Wirkungsgrad ca. 75%) und die thermodynamischen Verluste des Fernwärmekreislaufs (höhere Vorlauftemperatur als beim Verbraucher nötig, Pumpkosten) aufgezehrt wird¹⁵.
3. Gegen den Betrieb mit elektrischen Wärmepumpen sprechen aus hiesiger Sicht nicht nur die Anlagenkosten der Wärmepumpe selbst und des Verteilsystems, sondern auch die Tatsache, dass die thermodynamischen Vorteile der Wärmepumpe zu großen Teilen durch das notwendige Temperaturniveau des Fernwärmekreislaufs und die Kosten der Pumparbeit beeinträchtigt werden.

In der Summe aller genannten Aspekte sollte geprüft werden, ob nicht – von Sonderfällen abgesehen – die direkte, schnell und kostengünstig in den Gebäuden einzurichtende, elektrische Widerstandsheizung die bessere Lösung ist.

Dazu wurde um 2000 mit *Prof. Dr.-Ing. Klaus Lucas* von der RWTH Aachen das Modell der „*dynamischen elektrischen Widerstandsheizung*“ diskutiert, die über Oberflächen (Tapeten, Folien) und Sensoren wie Bewegungsmelder oder akustische Sensoren bedarfsgerecht heizt und die Kapazitätseffekte des Mauerwerks neutralisiert, damit sich auch ohne die Aufheizung des Mauerwerks schnell die gewünschte Behaglichkeit einstellt.

Die Auseinandersetzung mit diesem Fragenkomplex halten wir für dringlich, um eventuelle Fehlinvestitionen zu vermeiden. Die in der vorliegenden Studie KN2045 getroffenen Annahmen und Thesen erscheinen aus Sicht der Praxis und vor dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen nicht belastbar.

III.6 Flexibilitäten, insbesondere Industrie

Im Jahr 2045 soll nach der Studie als regelbare Leistung nur die extrem teure Gaskraftwerksleistung („Power Peaker“ gemäß Punkt III.4) zur Verfügung stehen. Abgesehen von der Diskussion um „Methanschlupf“ erzeugt die Methode auch CO₂. Es ist nicht zu erwarten, dass

¹⁴ Quelle: Austausch mit STEAG Fernwärme GmbH

¹⁵ Watter, Holger: Regenerative Energiesysteme - Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme, 5. Auflage, Springer-Vieweg-Verlag, 2019.

eine belastbare Kreislaufwirtschaft mit "grünem Wasserstoff" und Methanisierung zur Verfügung stehen wird.¹⁶

Das Autorenkollektiv setzt trotzdem auf Flexibilitäten wie den Austausch innerhalb des europäischen Verbunds und Demand-Side-Management, wie die nachfolgende Abbildung zeigt:



Dieser Abschnitt ist aus hiesiger Sicht insgesamt sehr dünn. Zum Austausch mit dem Ausland gehört sicher auch die Diskussion des Anpassungsdrucks, unter dem die Partnerländer stehen, aber auch der Gleichzeitigkeit insbesondere hinsichtlich Wind- und PV-Produktion.

Bemerkenswert ist der Gedanke an Demand-Side-Management im Bereich der Industrie. Man spricht von der Inanspruchnahme kurzfristigen Lastverschiebungspotenzials der Industrie. Im Klartext bedeutet dies, die Industrie möge ihre Produktions- und Personaleinsatzpläne kurzfristig von Wetterprognosen abhängig machen, eine nicht hinnehmbare und realitätsfremde Aussage für die meisten Industrieunternehmen, deren Produktionsprozesse häufig auf stetigen Durchfluss hin optimiert sind. Eine Umstellung von Produktionsprozessen auf stark schwankenden Durchfluss würde erhebliche Investitionen in die Produktionskapazitäten und stark veränderte Arbeitsabläufe voraussetzen, deren gewaltige Kosten in der Studie ignoriert werden.

Die Annahme, dass Strommangel in Deutschland aufgrund fehlenden Windes sicher vom Ausland ausgeglichen werden kann, vernachlässigt aufs Größte die Charakteristik der Windverteilung (WEIBULL) und die damit verknüpfte Charakteristik der Windkraftanlage (3.-Potenz-Gesetz aus der Strömungslehre). Die bisherigen Erfahrungen aus zwanzig Jahre Energiewende zeigen eher das Gegenteil: Großwetterlagen betreffen kontinentumspannende Regionen, daher kann obige These durch die Praxis nicht belegt werden. Im Jahr 2020 hatte der erneuerbaren Energien im Jahresmittel nur ca. 5 GW von 50 bis 80 GW im Tagesgang oder von 120 GW installierter Leistung aus Sonne und Wind betragen (ca. 5% "Verfügbarkeit" – vgl. Abschnitt III.12). Damit ergeben sich

¹⁶ <https://holgerwatter.wordpress.com/2019/09/12/wasserstoff-aus-wind/>

bei fehlenden nicht absehbaren Energiegroßspeichern ein Versorgungsproblem. Dieser Aspekt muss tiefergehend diskutiert werden.

Den Berechnungen liegen auch ungenannte Prämissen zugrunde. Die wichtigste ist, dass die Funktionsfähigkeit des Europäischen Verbundnetzes, also der Strommarkt in Europa jederzeit so funktioniert, wie europäische Verträge dies vorsehen. Was aber, wenn aufgrund nationaler Notlage die Länder entscheiden, zunächst ihre eigenen Bürger zu versorgen? Genau dies ist in der Corona-Krise in unruhmlischer Weise passiert. Es gab Exportverbote für medizinische Ausstattung und Grenzschießungen. Solche Szenarien fehlen in den Berechnungen der Bundesnetzagentur, sollten aber mit einer Wahrscheinlichkeit größer Null in der Methodik eingepreist werden.

III.7 Kohlenstoffbilanz

Die Kohlenstoffbilanz ist in der Studie nicht umfassend über die globale Wertschöpfungskette dargestellt. Insbesondere bleiben erhöhte CO₂-Emissionen für neue Infrastrukturen, Neuanlagen und Austausch von Autos und Heizsystemen im Zuge der Elektrifizierung dieser Bereiche unberücksichtigt. Außerdem werden die tatsächlichen physikalischen globalen CO₂-Emissionen aufgrund der nationalen Maßnahmen nicht mit der Mathematik des Klimaschutzes nach dem IPCC-Sonderbericht von 2018 für das 1,5-Grad-Ziel insbesondere auf der Zeitachse (noch zur Verfügung stehende Zeit im Rahmen des globalen CO₂-Restbudgets) verknüpft. Damit wird die Studie der unabdingbaren Analyse der Klimafolgen der dargestellten Szenarien nicht gerecht.

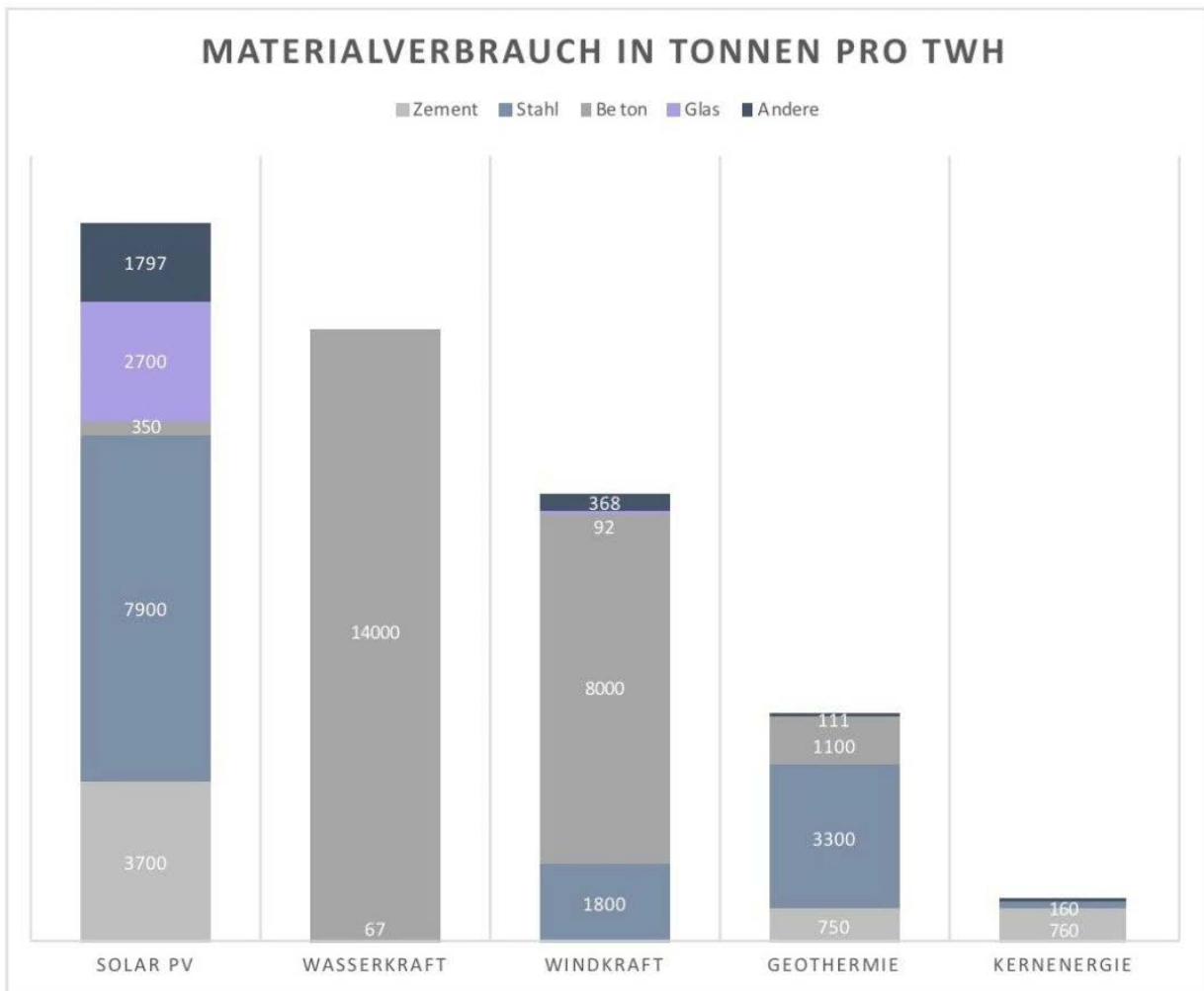
III.8 Ressourcenbilanz

Eine Ressourcenbilanz fehlt gänzlich. Der Ressourcenbedarf an bspw. Zement, Stahl und Kupfer für den Ausbau der Infrastruktur für die weitgehende Elektrifizierung aller Sektoren in Deutschland und für neue Anlagen (Wind und PV), Netzausbau und zusätzliche Transformatoren bleibt unerwähnt. Völlig unkritisch werden auch Batterien als Strom-Zwischenspeicher vorgesehen. Dabei stößt diesbezüglich bereits heute der weltweite Ausbau der Elektromobilität an Grenzen (Lithium, Kobalt, seltene Erden, Recycling und Sondermüllbehandlung u. a.)¹⁷.

17

1. European Commission: Study on the review of the list of Critical Raw Materials - Critical Raw Materials Factsheets, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Brussels, June 2017, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>
2. World Energy Outlook Special Report: The Role of Critical Minerals In Clean Energy Transition, www.iea.org
Anm.:
 - Blatt 130 (page 128) zeigt, dass etwa die Hälfte der Cu- und Li-Produktion in Gebieten mit extrem hoher Wasserbelastung konzentriert ist.
 - Blatt 33 (page 31) zeigt, dass wir uns mit allen kritischen Elementen in die Abhängigkeit Chinas begeben.
3. California Air Resources Board: Advanced Clean Cars (ACC) II Workshop, May 6, 2021, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/advanced-clean-cars-ii-meetings-workshops>,
Anm.:
 - Die Präsentation vom ACC2 Workshop vom Mai: Folie 89 zeigt, dass es schon jetzt mit der Ressourcen-Reichweite kritischer Elemente wie Li und Co "steil bergab geht" (Unterschied 2010-2020), obwohl der Hochlauf der BEVs ja noch gar nicht richtig begonnen hat.

Geringer Materialverbrauch.



Quelle: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/quadrennial-technology-review-2015_1.pdf

Alternative Technologien kommen zu kurz, obwohl sie Redundanzen bieten und einer Überforderung des Strommarktes entgegenwirken könnten. Alternative Kraftstoffe zum Beispiel bieten diese Optionen und sollten mit betrachtet und berücksichtigt werden.

III.9 Kostenbilanz

Die Kostenbilanzen der Studie sind, wie in vorangegangenen Punkten ausgeführt, nicht überzeugend. Beispiele sind die zu hoch angesetzte Verfügbarkeit von Windenergie, die fehlende Berücksichtigung von jahreszeitlich bedingten Engpässen sowie die ungenügende Berücksichtigung schlechter Auslastung von Wasserstoffproduktionsanlagen.

Der Bundesrechnungshof und der FOCUS führen dazu aus¹⁸:

*“Dabei hat gerade erst der **Bundesrechnungshof (BRH)** attestiert, dass die **deutsche Energiewende erhebliche Mängel** hat und dabei auch die Probleme der geplanten elektrischen Verkehrswende angesprochen. Der weitere Ausbau erneuerbarer Energien, die Leistungsfähigkeit des Stromnetzes und die immer höheren CO₂-Steuern könnten dazu führen, dass die Verbraucherpreise weiter steigen.”*

*"Verschärft wird der Trend durch die sich abzeichnende, weitere Erhöhung der Nachfrage nach Strom, beispielsweise durch die Wasserstoffstrategie und die Sektorkopplung, d. h. die Einbeziehung insbesondere der Sektoren Wärme und Verkehr in die Energiewende. Dies kann zusätzlich zu einer deutlichen Erhöhung der marktgetriebenen Preisbestandteile führen", so der Bundesrechnungshof. Und: Risiken bei der Versorgung von Strom würden nicht genügend berücksichtigt, machte der BRH etwa mit Blick auf den stockenden Netzausbau deutlich. So fehle ein „Worst-case-Szenario“ über die **Gefahr von Blackouts**. Das **Monitoring der Versorgungszuverlässigkeit sei lückenhaft.**”*

III.10 Gesellschaftliche Auswirkungen

Die Studie geht nicht auf mögliche nationale soziale Folgen ein, die bereits unter Punkt II.3 angesprochen worden sind. Außerdem bleiben international menschenunwürdige Bedingungen beim Abbau von Batterie-Rohstoffen wie z. B. Kobalt im Kongo unberücksichtigt. Die Vernichtung der Lebensgrundlage von Landwirtschaft z. B. in Lithium-Abbaugebieten in Trockengebieten Südamerikas durch erhebliche Verschärfung der Wasserknappheit vor Ort wird ebenfalls nicht betrachtet.

Des Weiteren werden nationale soziale Folgen durch Erhöhung von Stromkosten und Verteuerungen im Wärmebereich und der Mobilität nicht thematisiert. Die einseitige Förderung der Elektromobilität läuft schon heute auf eine Subventionierung der Wohlhabenden hinaus. Die Vernichtung von weit über 100.000 Arbeitsplätzen durch den klimatechnisch unwirksamen Austausch des Antriebssystems im PKW-Bereich zählt ebenso dazu wie die unbeabsichtigte Verdrängung von Firmen ins Ausland als Konsequenz einer einseitigen Fokussierung auf die Elektrifizierung aller Sektoren mit unvorhergesehenen Kostensteigerungen¹⁹.

Außerdem wird die Resilienz des Wirtschaftssystems durch die Verengung auf die technologische Monokultur mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit negativ beeinflusst. Der Verlust

¹⁸ https://www.focus.de/finanzen/news/preisexplosion-fragile-versorgungssicherheit-bundesrechnungshof-warnt-energiewende-gefaehrdet-wirtschaftsstandort-deutschland_id_13145917.html

¹⁹

vgl. HANDELSBLATT-Artikel zu Siltronic/Wacker z.B.

<https://www.handelsblatt.com/meinung/kommentare/kommentar-siltronic-deal-ist-erst-der-anfang-es-ist-hoehste-zeit-den-hightech-ausverkauf-zu-stoppen/26671888.html>

und zu BOSCH:

<https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autozulieferer-bosch-verkauft-werk-in-goettingen-und-prueft-schliessung-in-muenchen/27431478.html>

zahlreicher Handlungsoptionen wie stromunabhängiger Verbrennungssysteme verringert die Flexibilität und Fähigkeit des Gesamtsystems, ungewollte negative Auswirkungen zu kompensieren.

Zuletzt fehlt die Berücksichtigung von möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall aus Windkraftanlagen auf die Gesundheit der Bürger. Hierzu gibt es derzeit noch widerstreitende Studien. Das in der Studie ignorierte Vorsorgeprinzip würde gebieten, die Studiienerstellung hierzu voranzutreiben, bevor weitere Windkraftanlagen gebaut werden. Ganz im Gegenteil wird der Ausbau der Windkraft unkritisch und beschleunigt gefordert.

III.11 Artenvielfalt und Naturschutz

Ökologische Konsequenzen der in der Studie vorgesehenen einseitigen Fokussierung auf Elektrifizierung aller Sektoren werden vernachlässigt. Dazu gehören im Inland Gefahren für Vögel, Fledermäuse und Insekten durch den vorgesehenen massiven Ausbau von Windanlagen, aber auch international erhebliche ökologischen Schäden durch den Wasserraubbau für den Lithiumabbau z. B. in Trockengebieten Südamerikas.

III.12 Weitere Fragen

- Bilanztechnische Fragestellungen gehen an der technischen Problemstellung vorbei. Warum wurde dieser ungeeignete Parameter gewählt?
- Daraus ergibt sich die Fragestellung nach den Qualitätssicherungssystemen, die Bewertung von Risiken und Haftungsfragen aus den politischen Empfehlungen mit wirtschaftlichen und wettbewerbsrechtlichen Rückwirkungen. Wie wurden diese Aspekte bei der Studienplanung berücksichtigt?
- Ein belastbares technisches Konzept mit physikalischen Wirkungen ist nicht erkennbar, die Ausführungen basieren nur auf fehlerhaften und unzulässigen Bilanzierungen und gehen damit an den technischen Anforderungen vorbei, bzw. vernachlässigen unzulässig technische Herausforderungen. Beispielsweise: Wie soll das zusehends fragile und kleinteilige Netz bis 2045 stabilisiert werden?
- Es werden keine Zahlen und kein Konzept für Großspeicher von Strom geliefert, um die Grundlast zu decken und Dunkelflauten zu überbrücken. Die bisherigen Untersuchungen zeigen deutlich, dass die erforderlichen Speicher in dieser Größenordnung weder national noch europäisch verfügbar sein werden – die Gaskraftwerke mengenmäßig nicht "grün" oder auch nur CO₂-neutral sein können. Der Punkt wird aus hiesiger Sicht unzureichend diskutiert. Warum bleiben die Autoren hier "im Vagen"?

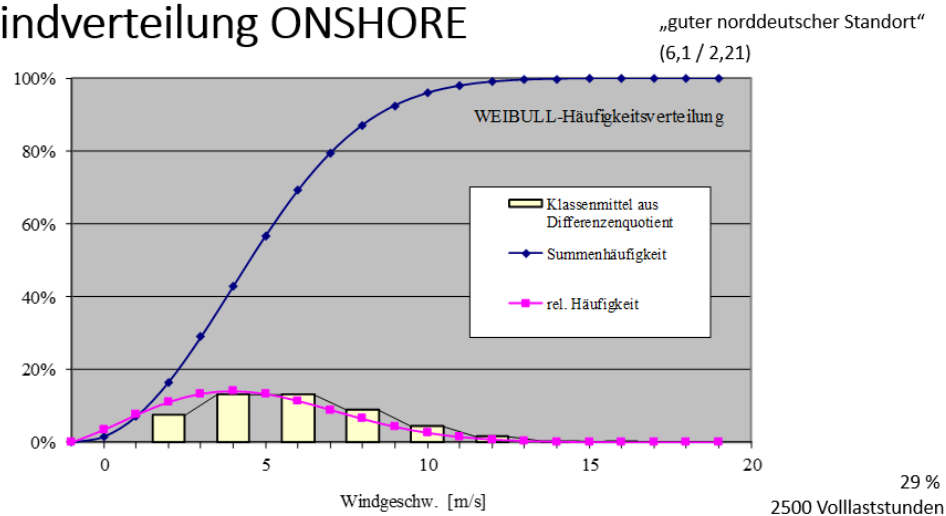
Beispiel: Der bekannteste und bis vor Kurzem größte Akkuspeicher der Welt ist der Hornsdale Power Reserve in Australien mit einer Kapazität von 194 MWh (für ca. 100 Mio. Euro gebaut). Nehmen wir an, dieser Speicher solle Deutschland durch eine windstille Nacht bringen, bei einer geringen Last von ca. 50 GW – das würde bedeuten $194 \text{ MWh} / 50.000 \text{ MW} = 3,88 \times 10^{-3} \text{ Std.} = 14 \text{ Sekunden}$ wäre die Stromversorgung gesichert!

- Ist eine Halbierung des Primärenergieverbrauchs bis 2045 realistisch? Wurden Annahmen zur Deindustrialisierung und/oder Verlagerung der Produktion ins Ausland gemacht? Es fehlt eine belastbare Plausibilitätsprüfung.

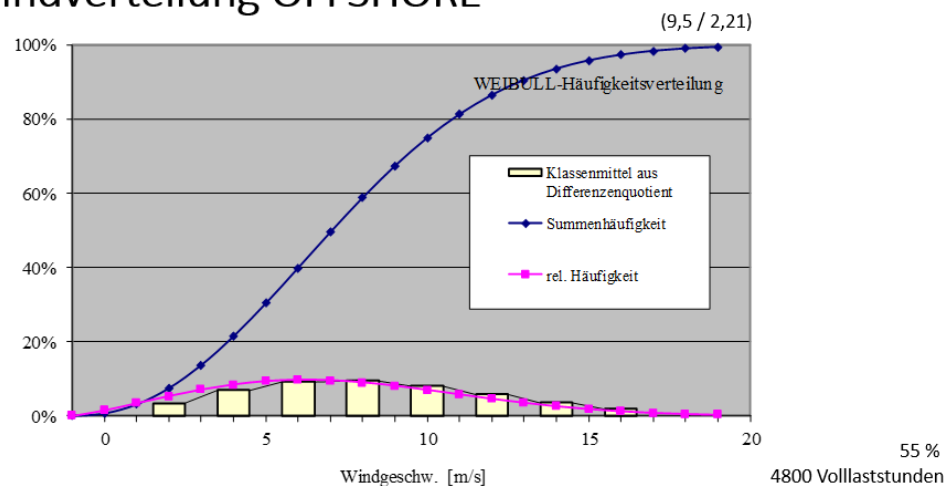
- Ist eine komplette Umstellung der Wärmeversorgung von Gebäuden bis 2045 realistisch?
- 20 Jahre Energiewende zeigen eine extrem schlechte “Performance” oder “Verfügbarkeit” der sog. Erneuerbaren Energien. Die Annahmen zu den Volllaststunden erscheinen zu positiv. Es besteht der Verdacht der “Schönrechnerei” – wo erfolgt die Validierung und Prüfung der praktischen Relevanz für derartige Eingangsthesen? Ist die Vorgehensweise ggf. grob fahrlässig²⁰?
- Idealisierte Annahmen der Windverteilung nach WEIBULL sind in der Praxis fehleranfällig, die nachfolgenden Bilder zeigen den signifikanten Einfluss einzelner Parameter am Standort, die durch technische Maßnahmen nicht zu beeinflussen sind:

a) Theorie nach WEIBULL

Windverteilung ONSHORE



Windverteilung OFFSHORE



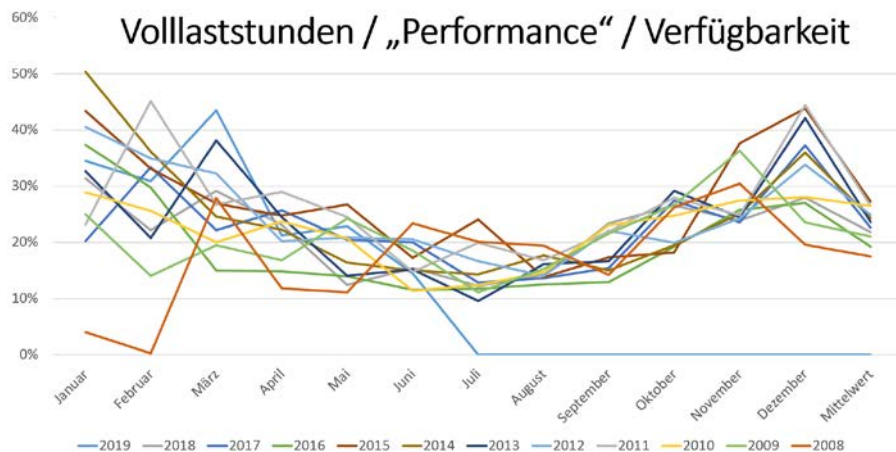
²⁰ <https://www.electricitymap.org/map>

Problematisch ist hierbei, dass

1. sich kleinste Fehler in der Modellbildung zur Windverteilung (über ein Jahr, 365 Tage mal 24 Std. also mit dem Faktor 8760 Std.) sehr stark auswirken,
2. nach den Regeln der Strömungslehre für die Leistung und Energie mit der dritten Potenz steigen oder fallen (halbe Windgeschwindigkeit bedeutet $(\frac{1}{2})^3 = \frac{1}{8}$ verfügbare Leistung) und daher
3. schnell massive Fehlprognosen für den Ertrag am Windstandort entstehen.

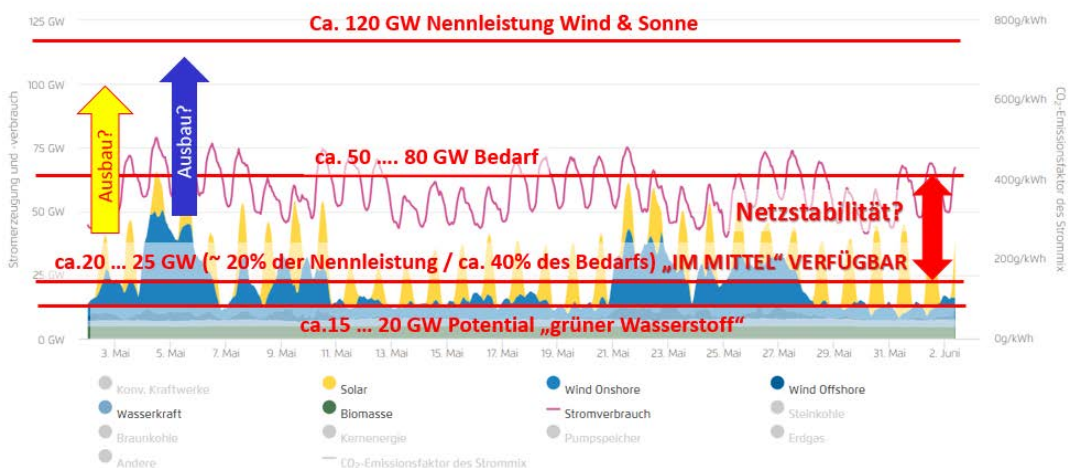
Vgl. dazu die nachfolgenden Abbildungen auf Basis aktueller Betriebsanalysen:

b) Praktische Erfahrungen ONSHORE im Vergleich zeigen, zeigen starke jahreszeitliche und auch jährliche Schwankungen:



Das eigene "AGORAmeter" zeigt regelmäßig die "schlechte Performance" in Bezug auf die Nennleistung von Solar- und Windkraftanlagen auf, dies verstärkt den Widerspruch. Die nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch aktuelle Divergenzen zwischen Anspruch und Wirklichkeit.

Stromerzeugung und Stromverbrauch



Der vermeintlich "abgeregelte Überschussstrom" fällt dabei physikalisch kaum signifikant ins Gewicht²¹.

²¹ <https://holgerwatter.wordpress.com/2019/10/15/diskussionsqualitaet-in-der-energiewende/>

IV. Verteiler

Vorstand und Verwaltungsrat PROGNOS AG	Christian Böllhoff	christian.boellhoff@prognos.com
	Dr. Jan Giller	info@prognos.com
Vorstand ÖKO-INSTITUT e.V.	Dorothea Michaelsen-Friedlieb	info@oeko.de
	Ulrike Schell	
Vorstand WUPPERTAL INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE gGmbH	Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick	manfred.fishedick@wupperinst.org
	Michael Dedek	michael.dedek@wupperinst.org
Stiftung Klimaneutralität	Rainer Baake	info@stiftung-klima.de
	Hal Harvey	
Leiter AGORA Energiewende	Dr. Patrick Graichen	patrick.graichen@agora-energiewende.de
Vorsitzenden AGORA-Rat	Dr. Hans-Joachim Ziesing	service@diw-econ.de
Mitglied im AGORA-Rat	StS Andreas Feicht	buero-st-f@bmwi.bund.de
	StS Jochen Flasbarth	Poststelle@bmu.bund.de
	Mark Helfrich, MdB, CDU	mark.helfrich@bundestag.de
	Oliver Krischer, MdB, GRÜNE	oliver.krischer@bundestag.de
	Johann Saathoff, MdB, SPD	johann.saathoff@bundestag.de
	Michael Theurer, MdB, FDP	Michael.Theurer@bundestag.de
Leiter AGORA Verkehrswende	Christian Hochfeld	christian.hochfeld@agora-verkehrswende.de
Rat der AGORA Verkehrswende	Prof. Dr. Klaus J. Beckmann	info@agora-verkehrswende.de
	StS Norbert Barthle, MdB, CDU	norbert.barthle@bundestag.de
	Arno Klare, MdB SPD	arno.klare.wk@bundestag.de
	StS Jochen Flasbarth	Poststelle@bmu.bund.de
	Cem Özdemir, MdB, GRÜNE	cem.oezdemir@bundestag.de
Presseverteiler		