

## Wie viel Photovoltaik braucht die deutsche Energiewende?

Volker Quaschning · Johannes Weniger · Tjarko Tjaden

HTW Berlin · Wilhelminenhofstr. 75 A · 12459 Berlin

Tel.: 030/5019-3656, Fax: 030/5019-48-3656

E-Mail: volker.quaschning@htw-berlin.de

Internet: <http://pvspeicher.htw-berlin.de> / [www.volker-quaschning.de](http://www.volker-quaschning.de)

Um die Folgen des Klimawandels noch in einem einigermaßen vertretbaren Rahmen zu halten, empfehlen Klimaforscher, den globalen Temperaturanstieg auf maximal 1,5°C zu begrenzen. Aktuelle politische Bemühungen zum Klimaschutz ignorieren allerdings weitgehend die wissenschaftlichen Erkenntnisse und erforderlichen Maßnahmen. Ohne einen radikalen Umbau unserer Energieversorgung kann die Temperatur bis zum Jahr 2100 um 5°C ansteigen (Bild 1).

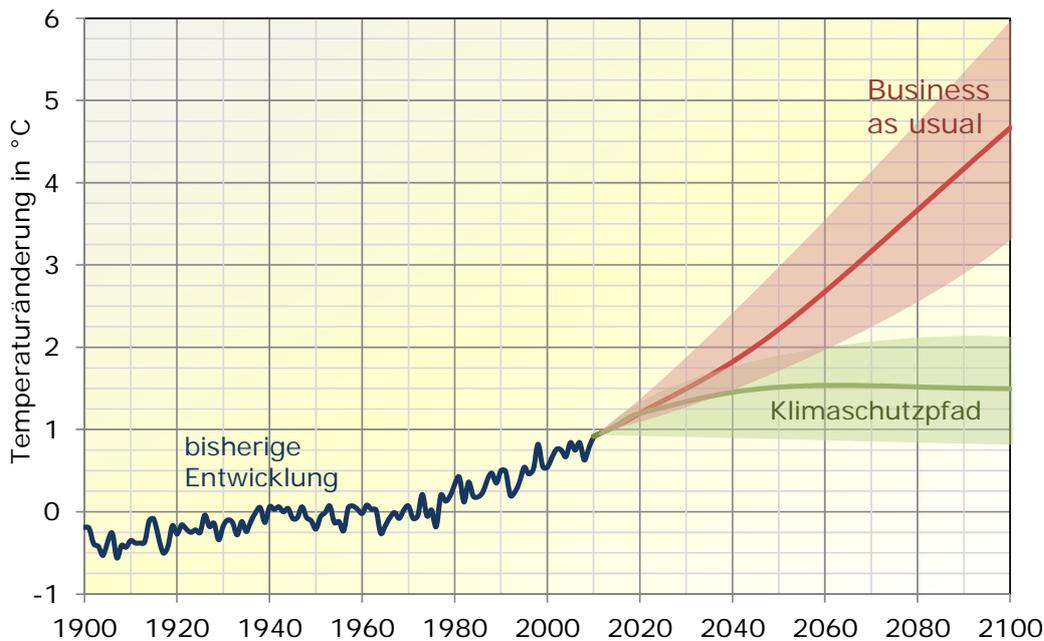


Bild 1: Mögliche Temperaturänderungen als Folge des Klimawandels  
(Daten: [IPCC13, Nasa13])

Der Weltklimarat IPCC hat in seinem letzten Report verschiedene Szenarien für die künftige Klimaentwicklung aufgestellt [IPCC13]. Lediglich das Szenario mit der Bezeichnung RCP2.6 zeigt einen Klimaschutzpfad auf, der eine relativ sichere Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf Werte unter 2°C ermöglicht. Dazu darf ab dem Jahr 2070 gar kein Kohlendioxid mehr emittiert werden. Nach dem Jahr 2070 müssten die Kohlendioxidemissionen sogar negativ werden (Bild 2). Hierzu sollen technische Verfahren wie CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) genutzt werden, die der Atmosphäre Kohlendioxid entziehen und sicher unter Tage endlagern. Diese Verfahren sind allerdings sehr umstritten und werden Kosten verursachen, die deutlich über denen der heutigen Nutzung erneuerbarer Energien liegen.

Daher erscheint es sinnvoll, einen Klimaschutzpfad einzuschlagen, der auch ohne die Annahme künftiger negativer Treibhausgasemissionen die globale Erwärmung sicher auf Werte unter 2°C begrenzt. Hierfür müssten die Kohlendioxidemissionen aber bereits zwischen den Jahren 2040 und 2050 auf nahezu null sinken (Bild 2). Deutschland als Vorreiter bei der Energiewende sollte dieses Ziel schon für das Jahr 2040 anpeilen.

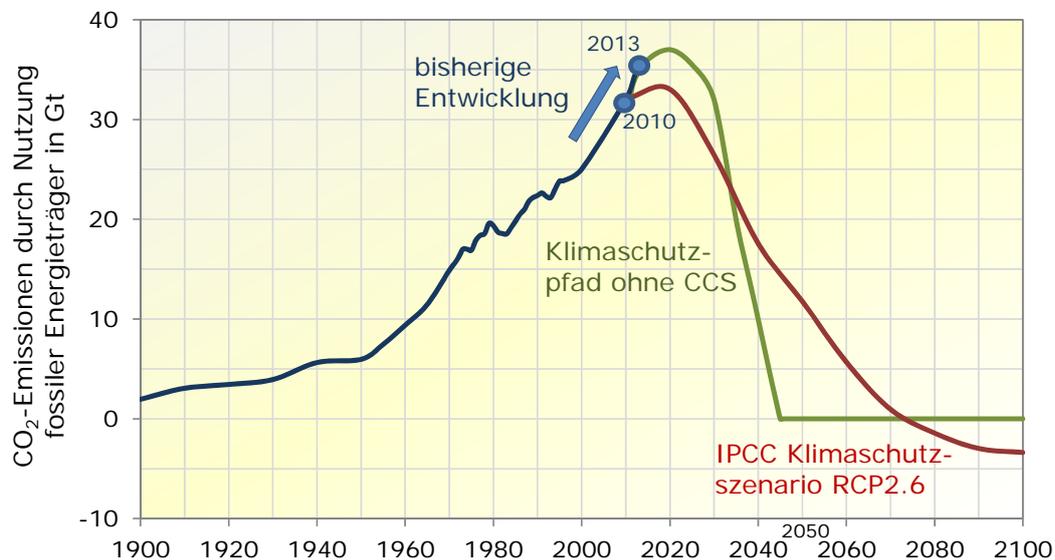


Bild 2: Bisherige Entwicklung der Kohlendioxidemissionen und Reduktionspfade zur Begrenzung der globalen Temperaturerwärmung um weniger als 2°C

### Deutsche Energiewende um den Faktor 3 bis 5 zu langsam

Um auf die nötigen Reduktionsfahne einzuschwenken, ist das Tempo der deutschen Energiewende allerdings viel zu gering. In den Jahren 2000 bis 2013 stieg der regenerative Anteil am deutschen Primärenergiebedarf gerade einmal um 0,63% pro Jahr. Bei einer linearen Fortschreibung der Steigerung des regenerativen Anteils ließe sich eine kohlendioxidfreie Energieversorgung erst nach dem Jahr 2150 erreichen (Bild 3). Darüber hinaus stehen parallel noch Herausforderungen für eine Mobilitäts-, Wärme- und Landwirtschaftswende an. Für einen wirksamen Klimaschutz wäre je nach Reduktionspfad eine Steigerung des linearen Ausbautempos erneuerbarer Energien um den Faktor 2,5 bis 5 erforderlich (Bild 3). Auch wenn zu erwarten ist, dass sich das Ausbautempo durch technische Fortschritte, Effizienzgewinne und fallende Kosten beschleunigen wird, reicht das heutige Tempo der Energiewende für einen wirksamen Klimaschutz nicht einmal ansatzweise aus.

Die aktuellen EEG-Zielkorridore sehen für die Photovoltaik einen jährlichen Zubau von 2,5 GW vor. Geht man bei Photovoltaikanlagen von einer mittleren Lebensdauer von 25 Jahren aus und bleibt dieser Ausbaukorridor langfristig erhalten, würde die installierte Photovoltaikleistung beim Endausbau 62,5 GW erreichen. Bei einem spezifischen Ertrag von 950 kWh/kWp ergäbe sich dann eine jährliche Solarstromerzeugung von rund 60 TWh. Das entspricht gerade einmal rund 10% des heutigen deutschen Bruttostromverbrauchs.

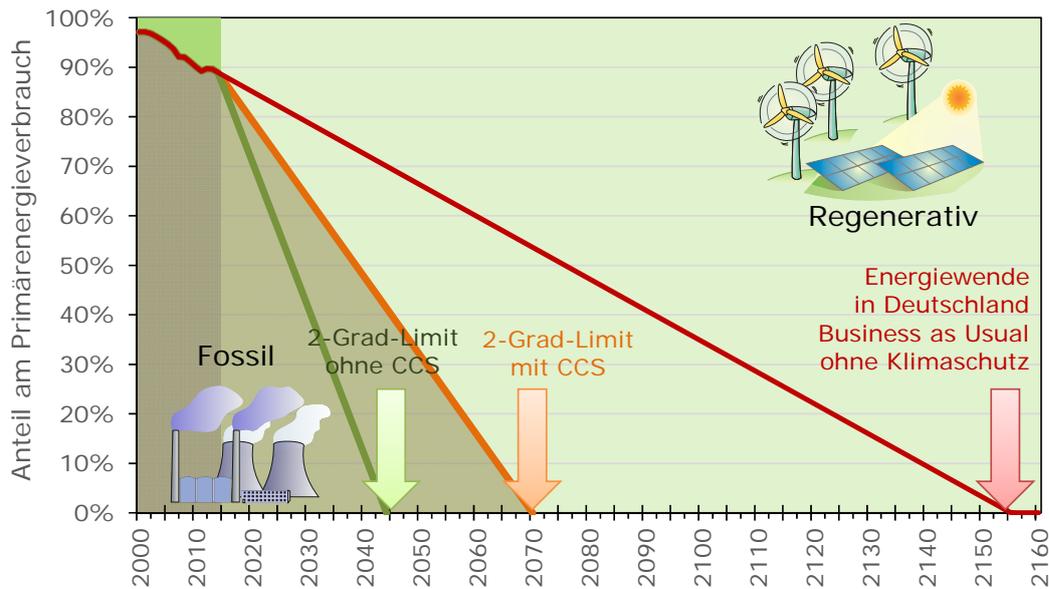


Bild 3: Entwicklungspfade der Dekarbonisierung in Deutschland bei heutigem Tempo der Energiewende und bei Berücksichtigung des Klimaschutzes [Qua 15]

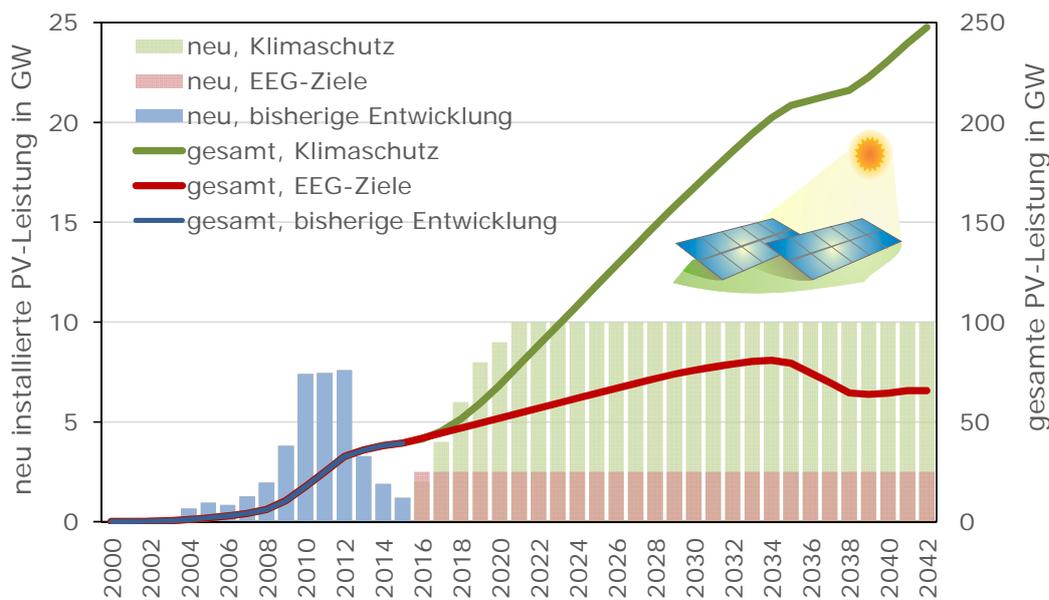


Bild 4: Entwicklung der installierten Photovoltaikanlagenleistung für zwei verschiedene Szenarien bei einer mittleren Anlagenlebensdauer von 25 Jahren

### EEG-Zielkorridore gehen völlig am Bedarf vorbei

Geht man von einem weiteren Anstieg des Stromverbrauchs in Deutschland durch die Einführung der Elektromobilität oder thermische Anwendungen von 600 TWh auf gut 750 TWh aus, würde damit auch langfristig der Photovoltaikanteil in Deutschland sogar unter 8% verbleiben. Um die Energiewende erfolgreich abzuschließen, müsste die Windkraft dann gut 80% der deutschen Stromversorgung decken, was einer Verzehnfachung der Windstromerzeugung gleichkommen würde. Selbst bei einem hohen Offshore-Windkraftanteil ist es sehr unwahrscheinlich, dass sich die Akzeptanz für eine derart hohe Windstromerzeugung herstellen lässt. Bereits ein Wind-

kraftanteil von 50 oder 60% dürfte unter Akzeptanzgesichtspunkten schwer zu erreichen sein. Selbst dazu müsste aber der Photovoltaikanteil gut 30% betragen, wofür eine installierte PV-Leistung von über 250 GW nötig wäre, wie Bild 5 zeigt. Diese Leistung ließe sich nur mit einem jährlichen Nettozubau von 10 GW erreichen (vgl. Bild 4). Das bedeutet aber, dass die aktuellen Zielkorridore im EEG und Maßnahmen zur Förderung der Solarenergie in Deutschland völlig am Bedarf vorbeigehen und nicht zu einem für die Energiewende sinnvollen und nötigen Zubau führen.

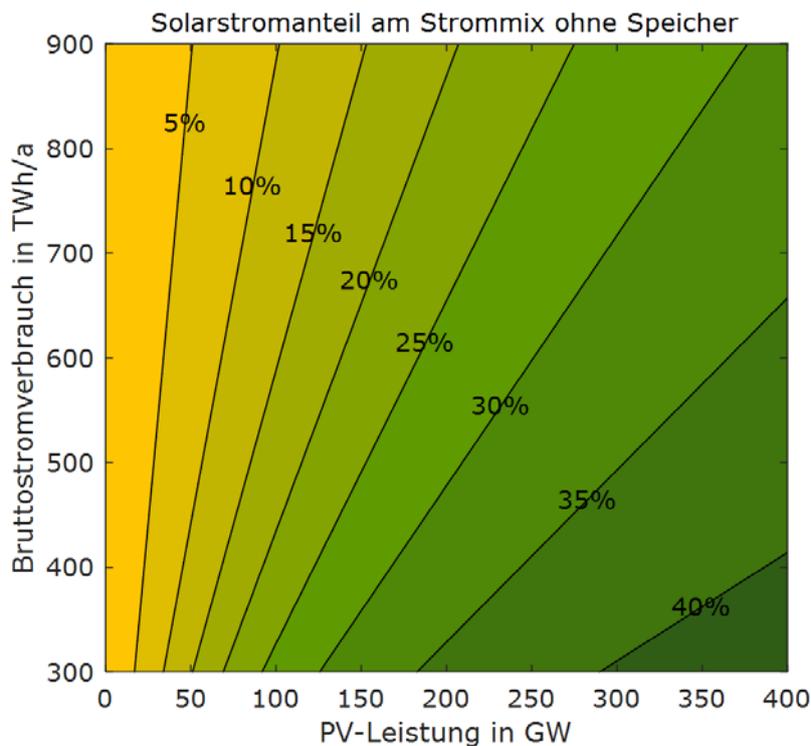


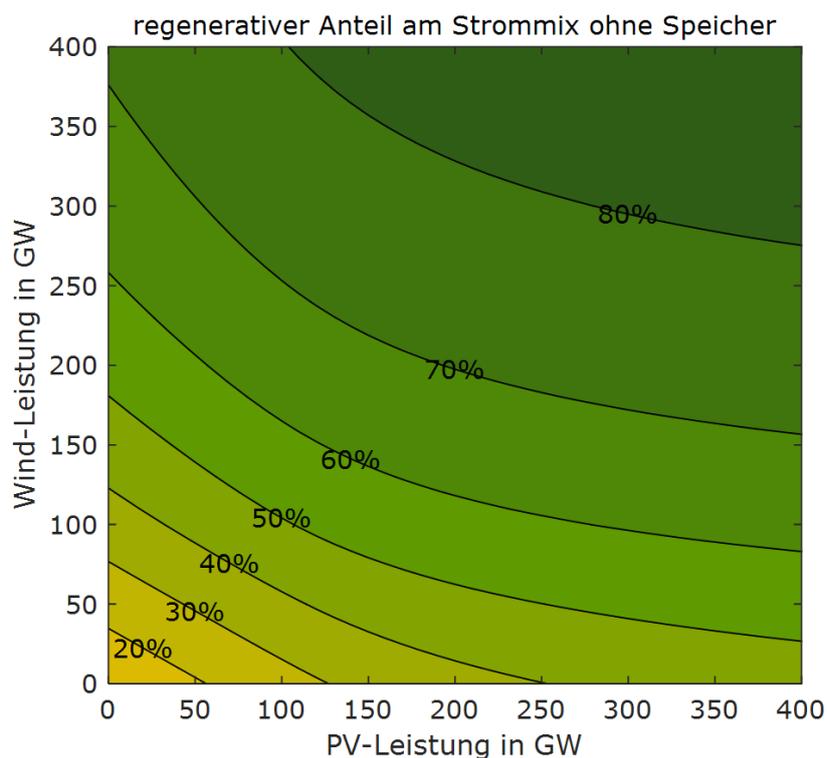
Bild 5: Anteil der Photovoltaik an der Stromversorgung in Deutschland bei variierendem Bruttostromverbrauch

Bild 6 zeigt den erreichbaren regenerativen Anteil bei Variation der Photovoltaik- und Windkraftleistung bei einem fixen Grundlastanteil aus der Wasserkraft und Biomasse ohne die Integration von Speichern. Die Ergebnisse wurden anhand einer mehrjährigen Zeitschrittsimulation einer über Deutschland verteilten regenerativen Erzeugung auf 15-Minuten-Basis erzielt. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass durch einen überwiegend dezentralen Ausbau der Bedarf an neuen Übertragungsleitungen vergleichsweise klein bleibt und rechtzeitig realisiert werden kann. Bei der Windkraft wurde die heutige Erzeugung hochskaliert und damit erst einmal nur ein kleiner Offshore-Windkraftanteil berücksichtigt. Sollen verstärkt Offshore-Windkraftanlagen in die Betrachtungen mit einbezogen werden, kann die Windkraftleistung in Relation zu den höheren Volllaststunden der Offshore-Windkraftanlagen verringert werden.

Ab einem regenerativen Anteil von 50% steigt die benötigte Photovoltaik- oder Windkraftleistung überproportional an. Die Gleichzeitigkeit des Stromverbrauchs sowie der Wind- und Solarstromerzeugung ist begrenzt. Mit steigendem regenerativem Anteil überschreitet die Stromerzeugung daher über größere Zeiträume den gesamten Bedarf in Deutschland, sodass ohne Speicher eine zunehmende Abregelung erfolgen muss.

## Ähnliche Photovoltaik- und Windkraftleistung sinnvoll

Der ideale Zuwachs des regenerativen Anteils lässt sich bei einem Zubau der Photovoltaik und der Windkraft mit annähernd gleicher installierter Leistung erzielen. Eine Integration von 100 GW Photovoltaik- und Windkraftleistung ist rein rechnerisch erst einmal problemlos zu bewältigen. Allerdings sinkt dann über größere Zeiträume die Residuallast auf null. Mit bestehenden Grundlastkraftwerken wäre dann bereits ein Ausgleich der noch erforderlichen konventionellen Leistung kaum mehr zu bewerkstelligen. Das bedeutet, in den nächsten 10 bis 15 Jahren müsste der Ausstieg aus der Braunkohleverstromung weitgehend abgeschlossen sein.



*Bild 6: Regenerativer Anteil an der Stromversorgung in Deutschland ohne Speicher in Abhängigkeit der PV-Leistung und Wind-Leistung (Grundlast: Biomasse 5,5 GW, Wasserkraft 2,5 GW, Bruttostromverbrauch 600 TWh)*

Bild 7 zeigt, dass der erzielbare regenerative Anteil am Strommix durch Kurzzeitspeicher in der Größenordnung von 200 GWh spürbar gesteigert werden kann. Bei einer installierten Photovoltaik- und Windkraftleistung von jeweils 200 GW wäre dann bereits ein regenerativer Anteil von über 70% erreichbar. Für noch größere regenerative Anteile müssten danach die Photovoltaik- oder Windkraftleistung überproportional ausgebaut werden oder die installierte Speicherkapazität um Größenordnungen erhöht werden.

Bei einer Erhöhung des Bruttostrombedarfs sind größere regenerative Kraftwerksleistungen nötig. Da der Bruttostrombedarf durch die Einführung der Elektromobilität und den verstärkten Einsatz von Elektrizität im Wärmesektor tendenziell ansteigen wird, ist daher eine installierte Photovoltaikleistung von mindestens 250 GW sinnvoll.

Bei der Gestaltung der Rahmenbedingungen sollte die Politik unbedingt darauf achten, dass entsprechende Leistungen realisiert werden können. Bis zu 250 GW an

Photovoltaikanlagen ließen sich allein im Gebäudebereich integrieren [IWES12]. Maßnahmen wie eine Eigenverbrauchsumlage, die auf eine Verkleinerung von Photovoltaikanlagen zielen und damit verstärkt größere Dachflächenanteile bei der Realisierung von Photovoltaikanlagen ungenutzt lassen, sind daher kontraproduktiv. Auch finanziellen Belastungen durch die geplante Einführung von kostspieligen Smart Metern stellen für Anlagen unter 30 kWp installierter Leistung eine weitere Hürde da. Alle nicht erschlossenen Dachflächen müssen später mit Freiflächen kompensiert werden. Ähnlich wie bei der Windkraft wird der Ausbau von Freiflächenanlagen zunehmend mit Akzeptanzproblemen konfrontiert sein, was die Energiewende unnötig erschwert. Im Vergleich zu einem forcierten PV-Ausbau im urbanen Raum ist zudem bei Freiflächenanlagen in ländlichen Gebieten ein stärkerer Ausbau der Netze erforderlich.

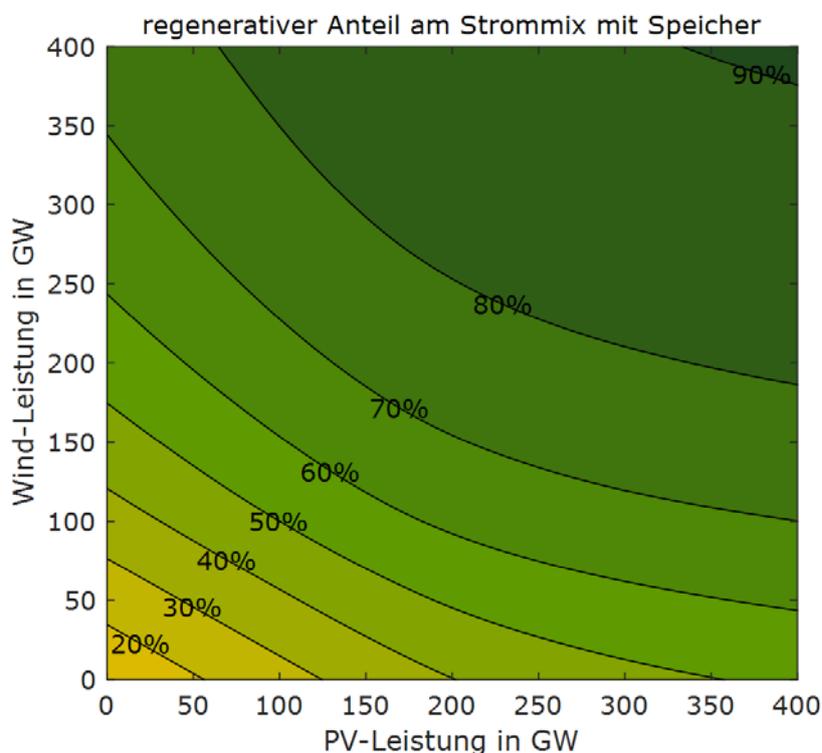


Bild 7: Regenerativer Anteil an der Stromversorgung in Deutschland mit 200 GWh Kurzzeitspeicherkapazität in Abhängigkeit der PV-Leistung und Wind-Leistung (Grundlast: Biomasse 5,5 GW, Wasserkraft 2,5 GW, Bruttostromverbrauch 600 TWh)

## Fazit

Für die deutsche Energiewende und die Realisierung der Klimaschutzziele sollte der Photovoltaikausbau in Deutschland eine installierte Leistung von mindestens 250 GW erreichen. Die entsprechenden Zielkorridore im EEG sollten daraufhin angepasst werden. Anderenfalls lassen sich in Deutschland die für einen wirksamen Klimaschutz erforderlichen Reduktionen an Treibhausgasen nur schwer erzielen. Schon bald werden sich dann aber Grundlastkraftwerke kaum mehr in die Versorgung integrieren lassen. Ein zeitnahe Ausstieg aus der Kohleverstromung sollte daher dringend Gegenstand der politischen Diskussion werden. Unangenehme Fragestellungen wie die Finanzierung der vorzeitigen Stilllegung großer Kraftwerkskapazitäten und der sozialverträglichen Gestaltung des damit verbundenen Strukturwandels dürfen nicht ausgeklammert werden. Politische Maßnahmen wie die Eigen-

verbrauchsumlage reduzieren die Anlagengröße und erschweren die Errichtung der benötigten Photovoltaikleistung. Um den regenerativen Anteil auf deutlich über 70% zu steigern sind zudem große Speicherkapazitäten erforderlich. Dezentrale Solarstromspeicher können einen ersten Schritt zum Speicherausbau darstellen. Zentrale Speicher auf der Basis der Power-To-Gas-Technologie müssen aber bald folgen. Dann kann es gelingen, die deutsche Energiewende bis 2040 abzuschließen und damit einen Klimaschutzpfad einzuschlagen, der ohne umstrittene CCS-Technologien auskommt.

## Literatur

- [IPCC13] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Hrsg.: Climate Change 2013, The Physical Science Basis. New York: Cambridge University Press, 2013
- [IWES11] Fraunhofer IWES, Hrsg.: Vorstudie zur Integration großer Anteile Photovoltaik in die elektrische Energieversorgung. Kassel: IWES, 2011
- [Nasa13] NASA Goddard Space Flight Center: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). URL <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- [Qua15] Quaschnig, Volker ; Tjaden, Tjarko ; Bergner, Joseph ; Weniger, Johannes : Die Bedeutung der Kombination von dezentralen Photovoltaikanlagen mit Batteriespeichern und Elektroautos für die Energiewende. In: HTW Berlin, Knaut, Matthias (Hg.), Nachhaltige Mobilität, Energiewende und Industrie 4.0, S. 110-117, BWV Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2015, ISBN 978 -3-8305-3575-1