

Das „BEE-Szenario 2030“

65% Erneuerbare Energien bis 2030 – Ein Szenario des Bundesverbands Erneuerbare Energie (BEE)

Beschreibung der Methodik

Berlin, Mai 2019



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Kernergebnisse	2
1. Hintergrund und Untersuchungsfrage.....	3
2. Methodik	5
3. Ergebnisse der Szenarienberechnung: Energieverbrauch in allen Sektoren	7
4. Ergebnisse der Szenarienberechnung: Entwicklung des Stromverbrauchs	9
5. Ergebnisse der Szenarioberechnung: Entwicklung der jährlichen EE-Leistung im Stromsektor.....	11
6. Weitere Erläuterung und Ergebnisse des Gesamtszenarios.....	12
7. Sensitivitätsanalyse: Einfluss von Effizienzannahmen.....	15
8. Quellen	19

Kernergebnisse

- Damit Deutschland in allen Sektoren die Klimaschutzziele erreichen kann, muss in den Sektoren Verkehr, Wärme und Industrie deutlich mehr Strom zum Einsatz kommen, als dies bislang der Fall ist.
- Bis 2030 sind zwar einerseits Erfolge hinsichtlich der Stromeinsparung zu erwarten. Diese werden jedoch insbesondere durch zusätzliche Stromverbräuche für Wärmepumpen, Elektromobilität und PtX (Power-to-Gas, Power-to-Liquids) (deutlich) überkompensiert.
- [Der Koalitionsvertrag von Union und SPD](#) gibt vor, dass der Anteil Erneuerbarer Energien im Stromsektor im Jahr 2030 65 Prozent betragen soll (sog. 65%-Ziel).
- Der Bruttostromverbrauch steigt lt. BEE-Szenario bis 2030 auf 740 TWh.
- Bei einem Anteil von 65 Prozent Erneuerbarer Energien ergibt das einen Bedarf von 481 TWh Erneuerbaren-Strom im Jahr 2030.
- Um im Jahr 2030 sicher 481 TWh mit Erneuerbaren Energien erzeugen zu können, müssen in erforderlichem Umfang jährliche Neuinstallationen getätigt werden. Diese betragen gemäß BEE-Szenario: 4.700 MW Windenergie Onshore; 1.200 MW Windenergie Offshore; 10.000 MW Photovoltaik; 600 MW Bioenergie; 50 MW Wasserkraft und 50 MW Geothermie.
- Die politischen Rahmenbedingungen müssen entsprechend angepasst werden, damit die Ziele erreicht werden können. Klare und für die Industrie verlässliche Ausbaupfade (Zeit- und Mengengerüst) sind zügig zu definieren.

1. Hintergrund und Untersuchungsfrage

Das 65%-Szenario 2030 des BEE, im Text als „BEE-Szenario 2030“ bezeichnet, untersucht die Entwicklung des Stromsektors bis 2030. Dabei ist die zentrale Untersuchungsfrage des BEE-Szenario 2030, wie hoch die Stromerzeugung Erneuerbarer Energien im Jahr 2030 und damit die jährliche Installation von Erneuerbaren Energien sein muss, um das politische 65%-Ziel zu erfüllen. Um diese Fragen zu beantworten, ist der gesamte Stromverbrauch bis 2030 zu berechnen. Dafür muss die Entwicklung des klassischen Stromverbrauchs, des Eigenverbrauchs und der Netzverluste kalkuliert werden.

Eine Auswertung von Klimaschutzstudien¹ hat ergeben, dass der Schlüsselfaktor für den Bruttostromverbrauch der zusätzliche Stromverbrauch durch die Sektorenkopplung ist, v.a. durch Wärmepumpen, Elektromobilität und Power-to-X (Power-to-Gas, Power-to-Liquids, Power-to-Heat). Deswegen beschäftigt sich das BEE-Szenario 2030 nicht nur mit dem Stromsektor, sondern auch mit den Sektoren Wärme und Verkehr.

Der Bruttostromverbrauch liegt heute mit rund 600 TWh auf gleicher Höhe wie im Jahr 2003. Seitdem wurden Effizienzerfolge (u.a. durch Energiesparlampen, LEDs, verbesserte Heizungspumpen) durch Wirtschaftswachstum sowie neue Verbraucher (u.a. Telekommunikation) kompensiert. Eine Übersicht vergangener Studien zeigt, dass die Annahmen über Netto-Effizienzerfolge stets zu optimistisch waren und zusätzliche Verbräuche sowie Rebound-Effekte zu wenig berücksichtigt wurden (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Analyse der Zielerreichung früherer Studien bzgl. Effizienz im Bruttostromverbrauch

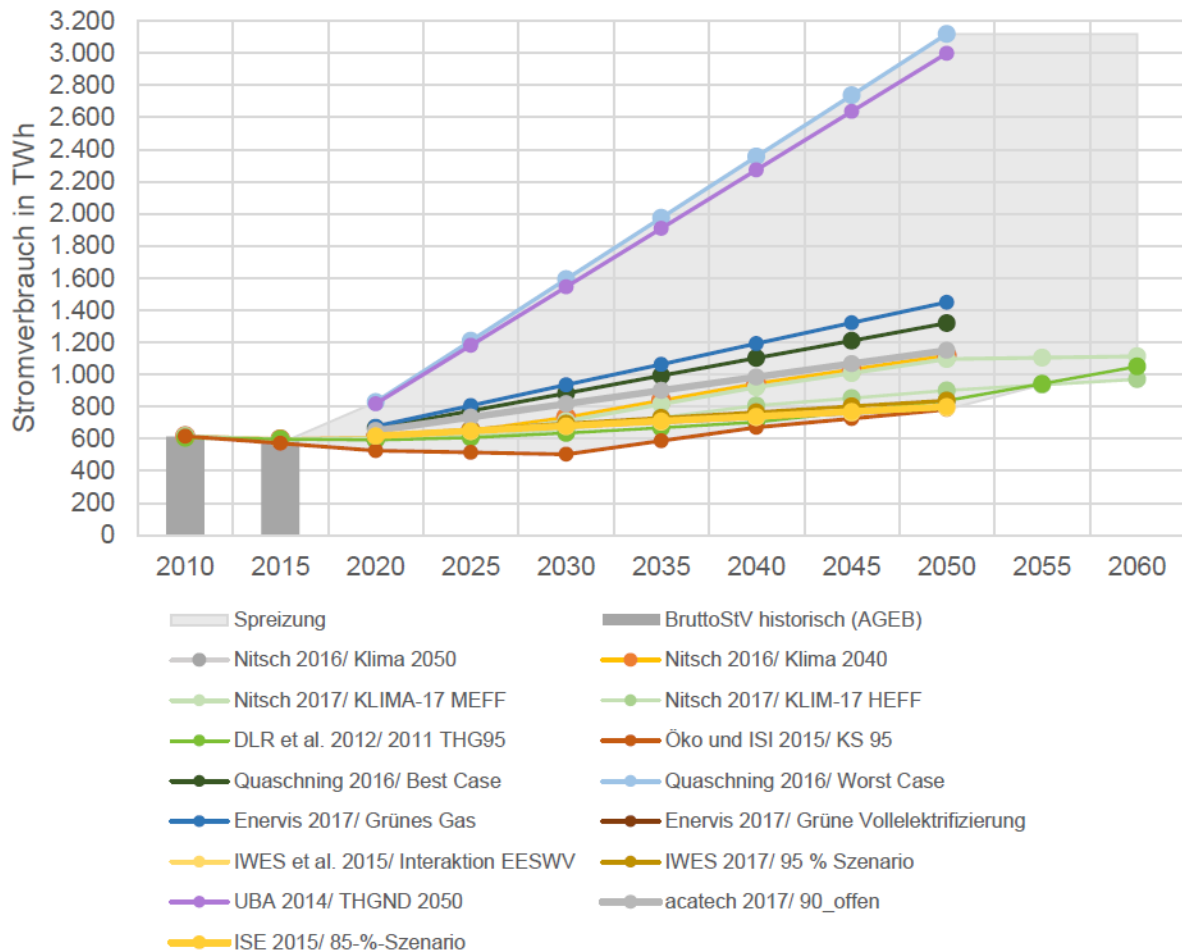
Studien	Prognose für 2017 (in TWh)	Mehrverbrauch ggü. Prognose (in TWh)
2017 Ist-Wert	599	
BMU 2004 NatPlus-Szenarien	506	+ 93
BMWi 2007 Energiegipfelszenario EE	563	+ 36
Leitstudie 2006	582	+ 17
Leitstudie 2008	592	+ 07
Leitstudie 2010	575	+ 24
Leitstudie 2011	584	+ 15
Ökoinstitut 2013 Aktuelle-Politik-Szenario	595	+ 04
Ökoinstitut 2013 Energiewende-Szenario	559	+ 40
BMWi 2014 Referenzprognose	586	+ 13

Heute gehen die meisten Studien, die außerhalb der Ministerien erstellt wurden, von einem steigenden Stromverbrauch aus, insbesondere wenn eine stärkere Elektrifizierung des Verkehrs- und Gebäudebereichs zu Grunde gelegt wurde (siehe Abbildung 1). Einige wenige Studien – darunter das aktuelle BMWi-Leitszenario sowie das UBA-Szenario – gehen hingegen von einem relevanten Verbrauchsrückgang aus. Hier zeigt sich allerdings, dass deren Effizienzpfade bereits deutlich von der Realität überholt wurden. Gegenüber den verwendeten Szenarien ergibt sich bereits heute eine Abweichung um 10 bis 20 TWh nach oben. Von einer Rückkehr auf die dort angenommenen Effizienzpfade kann aktuell nicht ausgegangen

¹ Enervis 2017, 2018, Nitsch 2016, IWES 2017, Quaschnig, Fraunhofer ISI 2018.

werden, da diese eine erhebliche Trendumkehr bedeuten würden. Derartige Einschnitte würden wohl nur in Folge einer Wirtschaftskrise eintreten.

Abb. 1: Projektionen des Bruttostromverbrauchs in aktuellen Energiesystemstudien²



(Quelle: Fraunhofer ISI, Working Paper Sustainability and Innovation No. S 01/2018)

² 01/2018, Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen, Working Paper No. S 01/2018 https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf

2. Methodik

Für die Ermittlung des Stromverbrauchs im Jahr 2030 wurden für das BEE-Szenario 2030 folgende Berechnungsschritte in drei Arbeitspaketen (AP) durchgeführt:

1. AP Berechnung des klassischen Strombedarfs, des Eigenverbrauchs und der Netzverluste
2. AP Berechnung des zusätzlichen Strombedarfs im Wärme- und Verkehrssektor durch Wärmepumpen, Elektromobilität und PtX.
3. AP Berechnung der jährlich installierten Leistung von EE-Anlagen, um den 65%-Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch (Summe aus Schritt 1 und 2) zu erreichen.

AP 1: Fortschreibung des bisherigen Stromverbrauchs

Im ersten Arbeitspaket wurde die weitere Entwicklung des bisherigen Stromverbrauchs, der Einfluss von Effizienzmaßnahmen und des steigenden Stromverbrauchs, z.B. durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) untersucht.

AP 2: Wie wird der zusätzliche Strombedarf im Wärme- und Verkehrssektor berechnet?

Das zweite Arbeitspaket wird im Folgenden ausführlicher erläutert, da der zusätzliche Strombedarf im Wärme- und Verkehrssektor die wichtigste Stellgröße für den gesamten Stromverbrauch bis 2030 ist.

Abb. 2: Methodik der CO₂-Reduktion und der EE-Entwicklung in den Endenergiesektoren

Berechnung der CO₂-Reduktion und der EE-Entwicklung bis 2030



Methodik der CO₂-Reduktion und der EE-Entwicklung in den Endenergiesektoren



Nach der oben beschriebenen Auswertung von Klimaschutzstudien wird der zusätzliche Strombedarf im Wärme- und Verkehrssektor vor allem durch Wärmepumpen, Elektromobilität und PtX entstehen. Um die Entwicklung dieser Technologien im Szenario zu modellieren, muss deren Bedarf berechnet werden, welcher sich wiederum aus den Klimaschutzzielen ergibt. Der BEE hat dafür den Klimaschutzplan 2050 als Grundlage gewählt, da mit diesem Plan von der Bundesregierung verabschiedete Klimaschutzziele und Meilensteine für 2030 vorliegen³. Gemäß dem Zwischenziel für 2030 des Klimaschutzplanes 2050 müssen die gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands um mindestens 55% bis spätestens 2030 gegenüber 1990 gemindert werden (siehe folgende Tabelle). Die Sektorenziele reichen von mindestens 31% in der Landwirtschaft bis mindestens 61% THG-Reduktion in der Energiewirtschaft (v.a. Stromerzeugung).

Tab. 2: Ziele des Klimaschutzplans bis 2030

Handlungsfelder	1990	2014	2030	2030
	(in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalent)	(in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalent)	(in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalent)	(Minderung in Prozent gegenüber 1990)
Gesamtsumme	1248	902	543 bis 562	56 bis 55
Energiewirtschaft	466	358	175 bis 183	62 bis 61
Gebäude	209	119	70 bis 72	67 bis 66
Verkehr	163	160	95 bis 98	42 bis 40
Industrie	283	181	140 bis 143	51 bis 49
Landwirtschaft	88	72	58 bis 61	34 bis 31
Teilsomme	1209	890	538 bis 557	56 bis 54
Sonstige	39	12	5	87

Umrechnung Klimaschutzziele in EE-Energiemengen

Um die Ziele des Klimaschutzplanes für das BEE-Szenario nutzen zu können, waren mehrere Umrechnungen erforderlich, da sich die Kategorien für die Sektoren im Klimaschutzplan von den Endenergiesektoren der EE-Statistik Strom, Wärme und Verkehr unterscheiden.

Der Klimaschutzplan orientiert sich im Wesentlichen an den Kategorien der Klimaschutzberichterstattung, die THG-Emissionen der Strom- und Wärmeerzeugung und des Verkehrs nicht klar voneinander trennt. So umfasst z.B. die Kategorie „Industrie“ im Klimaschutzplan auch die Emissionen der industriellen Stromerzeugung und die Kategorie „Energiewirtschaft“ auch die Emissionen der öffentlichen Wärmeerzeugung von Kraft- und Heizwerken und Raffinerien⁴. Daher mussten im **ersten Schritt** die Sektorenziele des Klimaschutzplans auf die Endenergiesektoren Strom, Wärme (Gebäude und Industrie) und Verkehr übertragen werden (siehe Abb. 2).

³ <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>

⁴ <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/sectorale-abgrenzung-der-deutschen-treibhausgasemissionen-mit-einem-schwerpunkt-auf-die-verbrennungs/>

Da sich die Minderungsziele des Klimaschutzplanes 2050 auf das Jahr 1990 beziehen, wurden im **zweiten Schritt** die Werte auf das Basisjahr 2017 angepasst und berechnet, wie viele Emissionen bis 2030 gegenüber der heutigen Situation verringert werden müssen.

Im **dritten Schritt** wurden die Treibhausgas-Minderungsziele des Klimaschutzplanes in die Minderung fossiler Energie umgerechnet. Dafür wurden die THG-Ziele (Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent) in fossile Energiereduktion (TWh Endenergie) konvertiert und somit berechnet, wie stark der Verbrauch fossiler Energieträger zurückgehen muss, um die Klimaschutzziele 2030 zu erreichen.

Im **vierten Schritt** wurde berechnet, wie der Verbrauch fossiler Energieträger gesenkt werden kann. Dafür wurden die folgenden zwei Optionen berücksichtigt:

Option 1: Durch ambitionierte Effizienzmaßnahmen wird der Endenergiebedarf im Wärme- und Verkehrssektor gesenkt.

Option 2: Der Anteil Erneuerbarer Energien wird erhöht, um fossile Energien zu ersetzen. Dafür werden zuerst ambitionierte EE-Potenziale von Solarwärme, Bioenergie, Umweltwärme, Geothermie und Elektromobilität ausgeschöpft. Es wird berechnet, inwiefern das 2030-Klimaschutzziel mit der Nutzung dieser EE-Potenziale erfüllt werden kann.

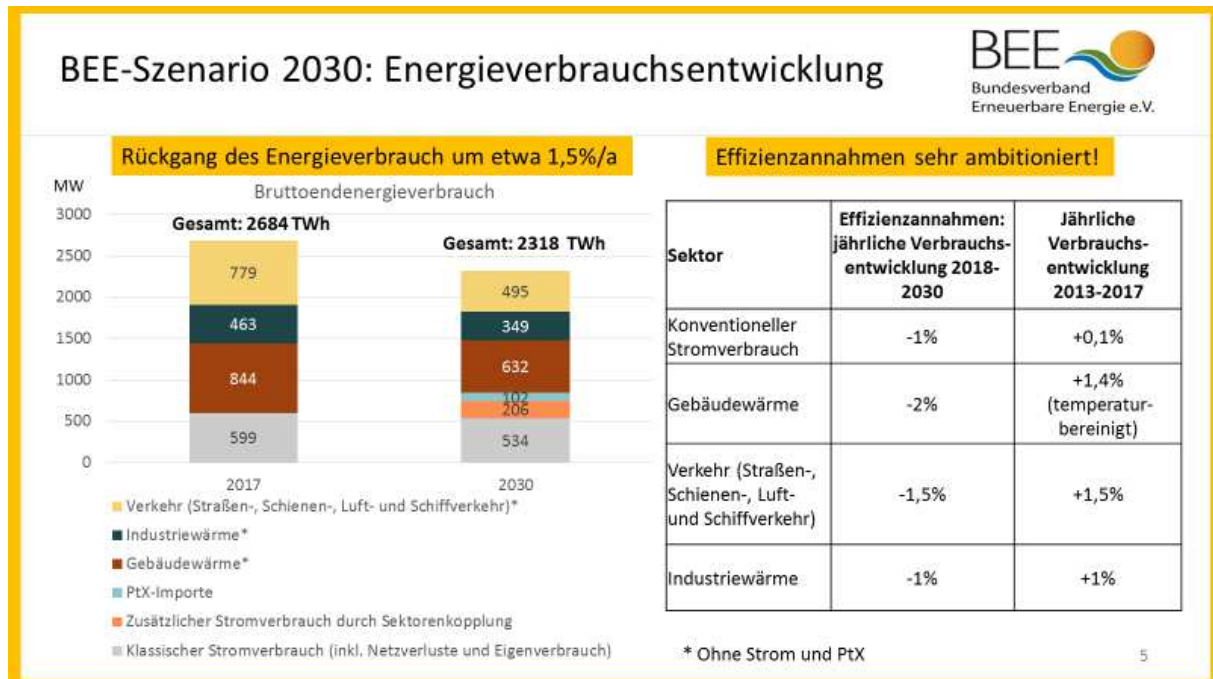
Dabei ergibt sich, dass auch mit ambitionierter Potenzialausnutzung bis 2030 eine Lücke verbleibt und die Ziele des Klimaschutzplanes nicht erreicht werden. Die Lücke wird im BEE-Szenario 2030 mit national produzierten und importierten synthetischen Gasen und Flüssigkeiten (Power to Gas, Power to Liquids) geschlossen (5. Schritt). Eine weitere Option, um die verbleibende Lücke zu füllen, wäre der **Import von Strom und Bioenergie**.

3. Ergebnisse der Szenarienberechnung: Energieverbrauch in allen Sektoren

Das BEE-Szenario nimmt sehr ambitionierte Effizienzentwicklungen bis 2030 an (siehe folgende Abbildung). Am stärksten geht mit 22% der Verbrauch der Gebäudewärme in Zeitraum 2017-2030 zurück. Der gesamte Bruttostromverbrauch und Industriewärmebedarf sinken um je 11%, während der Verkehrsverbrauch (Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffverkehr) um 19% zurückgeht. Der gesamte Bruttoendenergieverbrauch nimmt um 14% ab. Die Annahmen für den jährlichen Rückgang des Energieverbrauchs basieren auf dem Klimaschutzszenario 95 des UBA (Studie des Ökoinstituts & Fraunhofer ISI 2015), der Agora-Energiewende und der Klimaschutzstudie des BDI⁵.

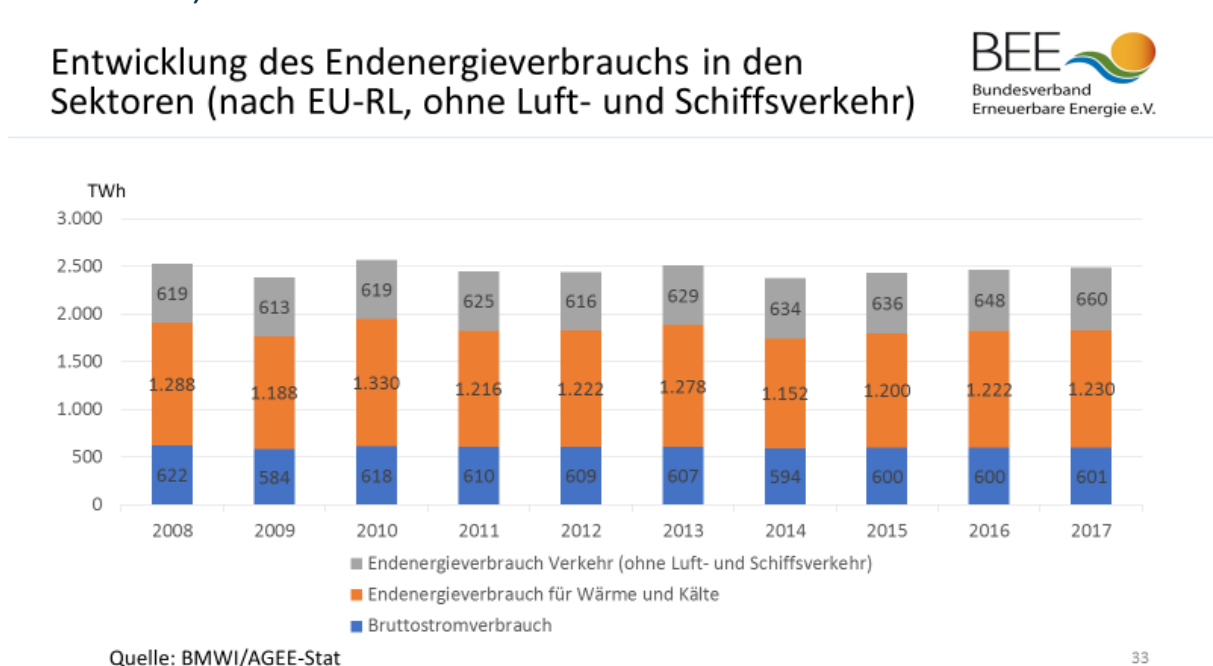
⁵ Ökoinstitut & Fraunhofer ISI 2015; Agora-Energiewende 2018; BDI 2018.

Abb. 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in allen Sektoren durch Effizienzmaßnahmen bis 2030



In den vergangenen zehn Jahren hat sich der gesamte Endenergieverbrauch auf etwa gleich hohem Niveau bewegt, wie die folgende Grafik zeigt und damit verdeutlicht, wie ambitioniert die Effizienzannahmen im BEE-Szenario sind. Bislang reichten die Effizienzmaßnahmen nur dazu aus, den zusätzlichen Energieverbrauch durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und neue Verbrauchsgruppen, wie z.B. die Informations- und Kommunikationstechnologie, zu kompensieren.

Abb. 4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den Sektoren (nach EU-RL, ohne Luft- und Schiffsverkehr)

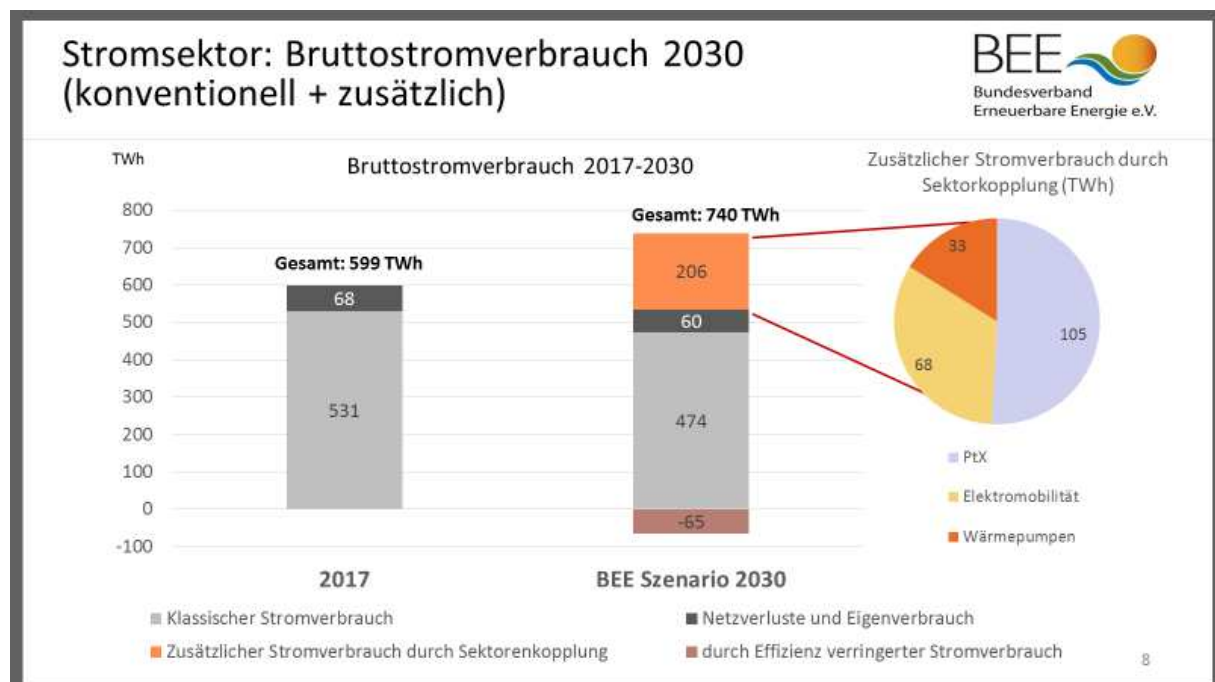


4. Ergebnisse der Szenarienberechnung: Entwicklung des Stromverbrauchs

In den folgenden zwei Kapiteln werden die Ergebnisse der Untersuchungsfrage des BEE-Szenarios erläutert, wie hoch die Stromerzeugung Erneuerbarer Energien im Jahr 2030 und damit die jährliche Installation von Erneuerbaren Energien sein muss, um das 65%-Ziel der Politik zu erfüllen. Die Szenarioergebnisse für den Wärme- und Verkehrssektor werden in Kapitel 6 dargestellt.

Die Szenarioberechnung des BEE zeigt, dass sich der Bruttostromverbrauch sehr deutlich von heute rund 600 auf 740 TWh im Jahr 2030 erhöhen wird (siehe folgende Abbildung). Der klassische Stromverbrauch nimmt zwar aufgrund sehr ambitionierter Effizienzannahmen sowie der Annahme eines geringeren Kraftwerkseigenstromverbrauchs um 65 TWh ab. Der zusätzliche Strombedarf von 206 TWh im Wärme- und Verkehrssektor für Wärmepumpen, Elektromobilität und PtX überkompensiert aber diesen Rückgang, so dass der gesamte Bruttostromverbrauch bis 2030 um rund 14 TWh steigt. PtX und Elektromobilität haben mit 105 TWh bzw. 68 TWh den größten Anteil am zusätzlichen Stromverbrauch. Wärmepumpen erhöhen den Strombedarf um 33 TWh.

Abb. 5: Stromsektor: Entwicklung des Stromverbrauchs bis 2030 (konventionell + zusätzlich)



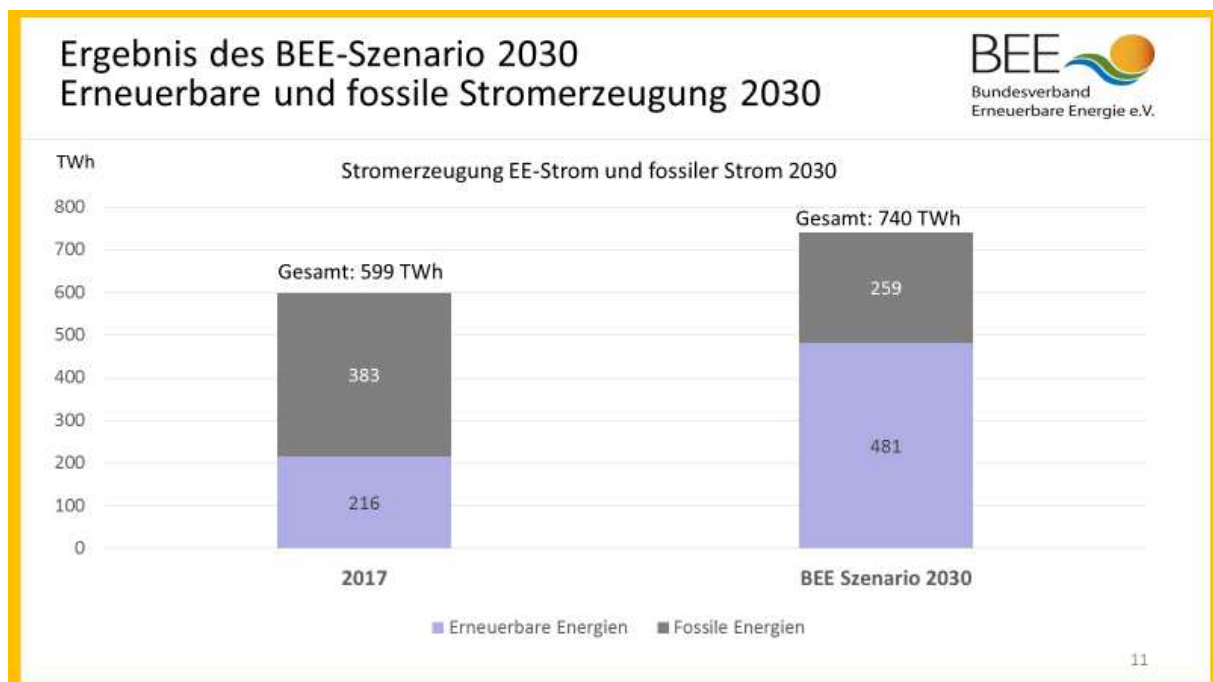
Der im BEE-Szenario 2030 errechnete Strombedarf von 740 TWh führt zu 481 TWh EE-Strom im Jahr 2030, um einen Anteil Erneuerbarer Energien von 65% zu erreichen (siehe Abbildung 6).

Der zusätzliche Stromverbrauch durch die Sektorenkoppelung wird vor allem durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Effizienzentwicklung im Wärme- und Verkehrssektor
- Bioenergie im Wärme- und Verkehrssektor
- Wärmepumpen
- Solarthermie
- Elektromobilität

Die Höhe dieser Faktoren bestimmt den direkten Strombedarf (d.h. für Wärmepumpen und Elektromobilität) und den Strombedarf für die PtX-Erzeugung. Hierfür gilt die vereinfachte Rechenformel: 1 TWh Strom für Elektromobilität und Wärmepumpen entspricht der 6-fachen Strommenge für PtX.

Abb. 6: Erneuerbare und fossile Stromerzeugung 2030

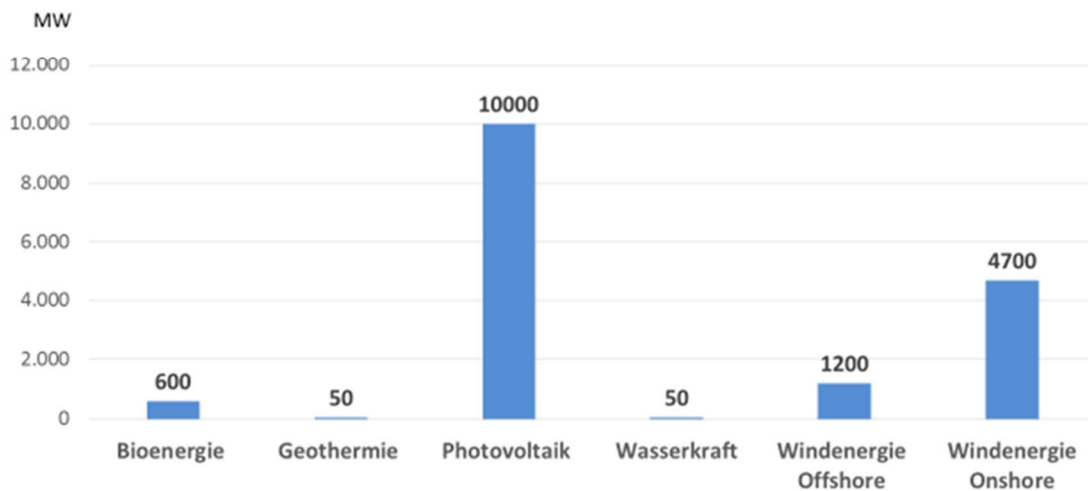


5. Ergebnisse der Szenarioberechnung: Entwicklung der jährlichen EE-Leistung im Stromsektor

Um im Jahr 2030 sicher 481 TWh mit Erneuerbaren Energien erzeugen zu können, bedarf es jährlicher Installationen in erforderlichem Umfang. Diese betragen gemäß BEE-Szenario 2030 4.700 MW Windenergie Onshore, 1.200 MW Windenergie Offshore, 10.000 MW Photovoltaik, 600 MW Bioenergie, 50 MW Wasserkraft und 50 MW Geothermie (siehe Abb. 7).

Abb. 7: EE-Strom: Jährlich installierte Leistung

BEE-Szenario: Ausbau von Erneuerbare Energien-Anlagen: Jährlich installierte Leistung 2021 - 2030



Die erforderliche, jährlich installierte Leistung im Zeitraum 2021-2030 muss in einem weiteren Schritt auf die jährliche Ausschreibungsmenge umgerechnet werden. Dafür müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, wie z.B.

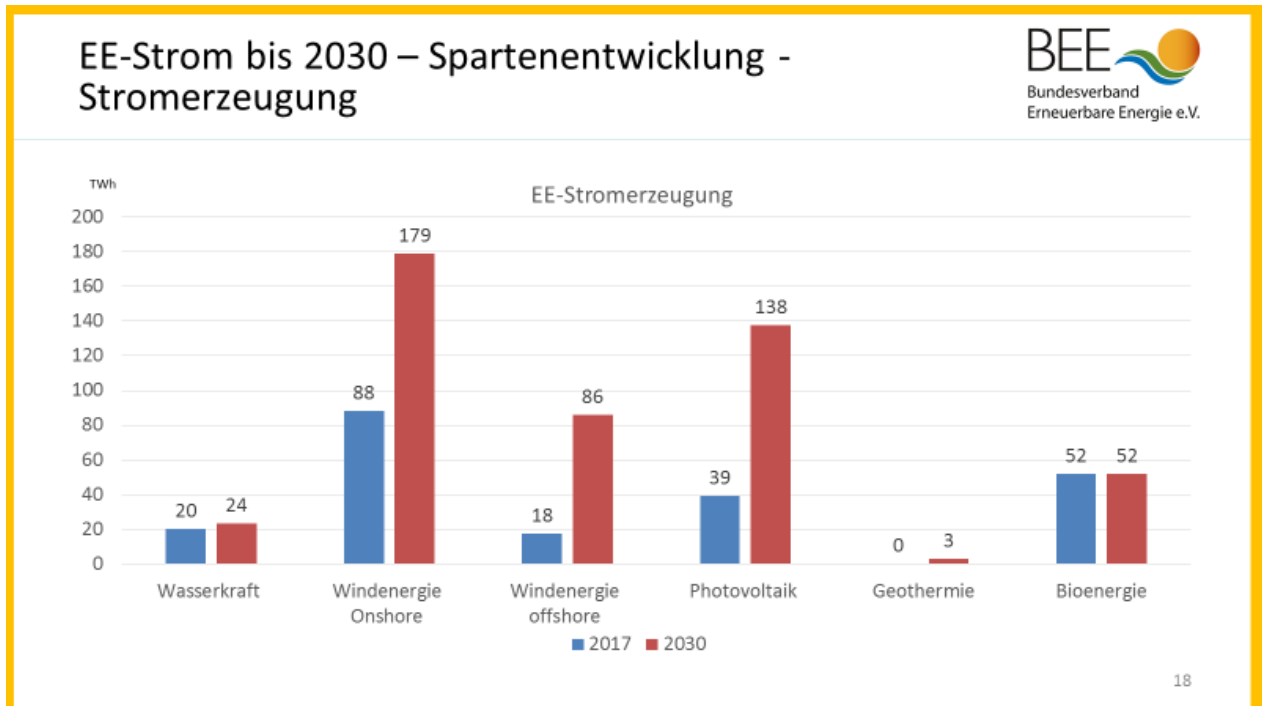
- die Nichterfüllungsmenge der jährlich ausgeschriebenen Leistung
- die mehrjährigen Planungs- und Realisierungszeiten
- die installierte Leistung, die in den Jahren nach 2030 aus dem EEG herausfallen wird
- Anteil der Ausschreibungsmenge an der gesamten jährlich installierten Leistung

Durch diese Anpassung kann die Ausschreibungsmenge zum Teil deutlich von der jährlich installierten Leistung abweichen, z.B. müssen rund 1000 MW Bioenergie pro Jahr im Zeitraum 2021-2030 ausgeschrieben werden, um wegen der zwei- bis dreijährigen Planungs- und Realisierungszeit auch den Rückbau von Altanlagen nach 2030 zu kompensieren. Ähnliches ist bei den anderen Technologien zu beachten.

Die Berechnung der Ausschreibungsmenge soll für alle Sparten nach Abschluss der Ergebnisabstimmung erfolgen.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der EE-Stromerzeugung bis 2030.

Abb. 8: EE-Strom: Erzeugung im Jahr 2030.



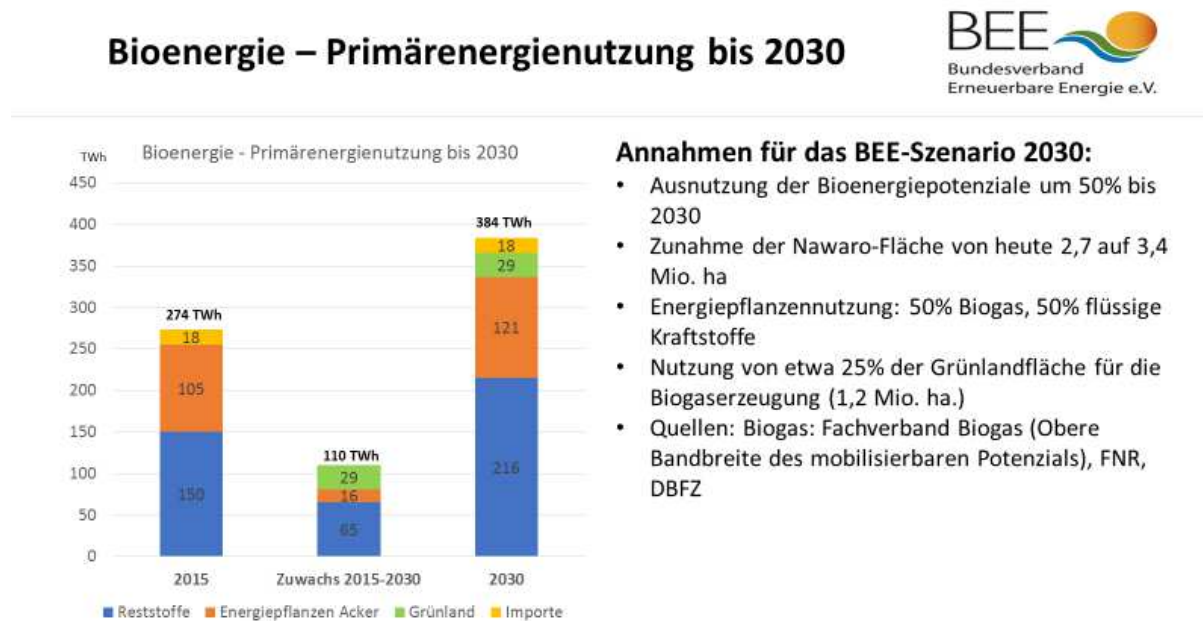
6. Weitere Erläuterung und Ergebnisse des Gesamtszenarios

Wie in der Methodik (Kapitel 3) beschrieben, waren mehrere Zwischenschritte erforderlich, um die eben beschriebenen Szenario-Ergebnisse zu berechnen, insbesondere die Modellierung des zusätzlichen Strombedarfs im Wärme- und Verkehrssektor.

Für alle Erneuerbaren Energien wurden im BEE-Szenario 2030 sehr ambitionierte Potenzialannahmen getroffen. Die jährliche Installation von Solarthermie und Wärmepumpen muss sehr deutlich gesteigert werden. Die Wärmeerzeugung dieser Technologien entspricht der oberen Bandbreite der Ergebnisse von Meta-Analysen und Literaturrecherchen⁶. Für die Bioenergieerzeugung ist die Ausnutzung der Hälfte der Reststoffpotenziale, eine Ausweitung der Nawaro-Fläche von heute 2,7 auf 3,4 Mio. ha und eine Nutzung von etwa 25% der Grünlandfläche (1,2 Mio. ha) erforderlich (siehe Abbildung 9).

⁶ <http://www.forschungsradar.de/metaanalysen/einzelansicht/news/energiewende-im-waermesektor.html>; <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/waermewende-2030/>; <http://www.bine.info/themen/publikation/solare-prozesswaerme/>

Abb. 9: Entwicklung der Bioenergienutzung 2017-2030



Im BEE-Szenario 2030 wurde eine exemplarische Verteilung der Bioenergie- und PtX-Mengen im Wärme- und Verkehrssektor angenommen (siehe Abbildungen 10 und 11). Andere Allokationsvarianten und Nutzungspfade sind möglich.

Erneuerbare Energien im Wärmesektor

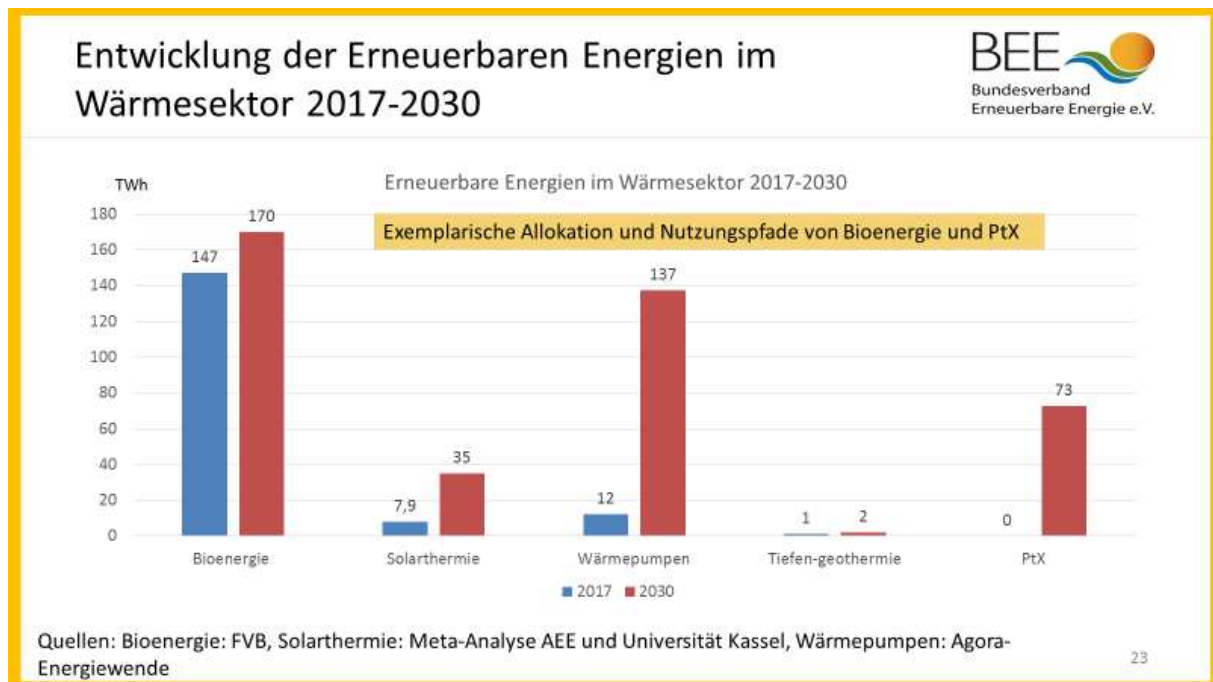
Die Wärmebereitstellung durch Umweltwärme und Geothermie (v.a. Wärmepumpen) steigt im BEE-Szenario 2030 im Vergleich zu den anderen Sparten am stärksten und nimmt 2017-2030 von 12 auf 137 TWh zu (siehe Abbildung 10). Davon entfallen 119 TWh auf die Raumwärme und 18 TWh auf die industrielle und gewerbliche Prozesswärme. 119 TWh Raumwärme entsprechen einem Wärmepumpenbestand von rund 7 Mio. Anlagen (inkl. Großwärmepumpen für Nah- und Fernwärme). Dafür müssten sich die heutigen jährlichen Absatzzahlen nahezu verzehnfachen.

Die Wärmebereitstellung aus Solarthermie wächst ebenfalls sehr deutlich von heute etwa 8 auf 35 TWh im Jahr 2030, davon 30 TWh für Gebäudewärme und 5 TWh für industrielle und gewerbliche Prozesswärme. Für 35 TWh Solarthermie ist ein Ausbau von heute 21 Mio. m² auf rund 95 Mio. m² Kollektorfläche erforderlich. Dafür müsste die heutige jährlich installierte Kollektorfläche etwa um den Faktor 10 wachsen.

Die Bioenergiewärme nimmt im Zeitraum 2017-2030 von 147 auf 170 TWh zu. Rund drei Viertel der zusätzlichen Bioenergie werden für die Gebäudewärme und etwa ein Viertel für die industrielle und gewerbliche Prozesswärme genutzt.

Im Wärmesektor sind bereits im Jahr 2030 73 TWh PtX für die Einhaltung der Klimaziele erforderlich. Davon werden 57 TWh für die Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie und 16 TWh als Wasserstoff in den Raffinerien benötigt, damit die Klimaschutzziele der Industrie im Jahr 2030 erreicht werden können. Wie bereits beschrieben, ist die Allokation von Bioenergie und PtX nur exemplarisch. Für das Jahr 2030 werden unter einer konservativen Betrachtung noch keine relevanten Mengen von PtG im Bereich des privaten Wärmeverbrauchs angenommen.

Abb. 10: Entwicklung der Erneuerbaren Energien im Wärmesektor 2017-2030



Erneuerbare Energien im Verkehrssektor

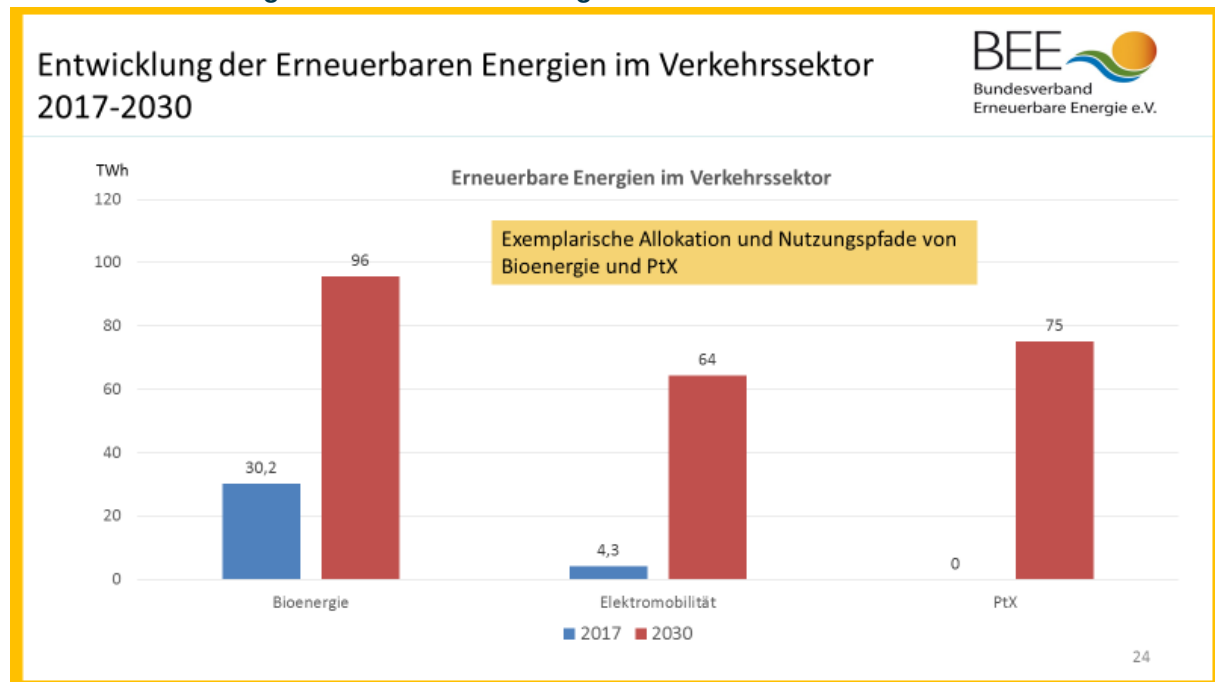
Im Verkehrssektor nehmen sowohl Bioenergie als auch Elektromobilität sehr deutlich zu.

Die Nutzung von Bioenergie wächst von heute 30 auf 96 TWh im Jahr 2030. Die zusätzliche Bioenergie wird zu rund zwei Dritteln für die Erzeugung von Biokerosin und Biokraftstoffen für den Schiffsverkehr und zu einem Drittel für Biokraftstoffe im Straßenverkehr verwendet. Das bedeutet für den Straßenverkehr eine Steigerung der Biokraftstoffe um 70% auf 52 TWh.

Der Nutzung von Strom aus Erneuerbaren Energien wächst von 4 auf 64 TWh. Der Anstieg ist vor allem durch die Bestandsentwicklung von Elektrofahrzeugen zurückzuführen, die auf 12 Mio. Fahrzeuge bis 2030 zunimmt. Durch die E-Mobilität werden 2030 150 TWh fossile Kraftstoffe verdrängt.

PtX wird auch im Verkehrssektor bereits im Jahr 2030 in relevanten Mengen benötigt. Von den insgesamt 75 TWh PtX werden im BEE-Szenario 2030 22 TWh im Straßenverkehr und 53 TWh für die Erzeugung von Flugkraftstoffen eingesetzt. Wie im Wärmesektor ist die Allokation von Bioenergie und PtX nur beispielhaft. PtX könnte z.B. in größeren Mengen im Straßenverkehr und Bioenergie stattdessen auch im Flugverkehr genutzt werden.

Abb. 11: Entwicklung der Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor 2017-2030



7. Sensitivitätsanalyse: Einfluss von Effizienzannahmen

Im BEE-Szenario 2030 werden, wie oben beschrieben, sehr ambitionierte Effizienzannahmen getroffen. Um die Auswirkungen geringerer Effizienzentwicklung auf den Stromverbrauch zu untersuchen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dafür wurden zwei Sensitivitäts-Varianten gerechnet, die jeweils eine geringere, nur halb so hohe Effizienzentwicklung im Strom- bzw. im Gebäudesektor wie im Basisszenario „BEE Szenario 2030“ annehmen (siehe folgende Tabelle). In den beiden Varianten „Weniger Stromeffizienz“ und „Weniger Wärmeeffizienz“ bleiben die Annahmen für den Zubau von EE-Anlagen (Wärmepumpen, Solarthermie, Bioenergie) im Wärmesektor gleich. Der zusätzliche Wärmebedarf für Gebäude in der Variante „Weniger Wärmeeffizienz“ wird mit PtX gedeckt. Für beide Varianten gelten die gleichen Annahmen für die PtX-Erzeugung (30% Produktion im Inland, 70% Import). Der zusätzliche, inländische Strombedarf der Varianten wird zu etwa gleichen Anteilen aus Windstrom (Onshore und Offshore) und PV-Strom gedeckt.

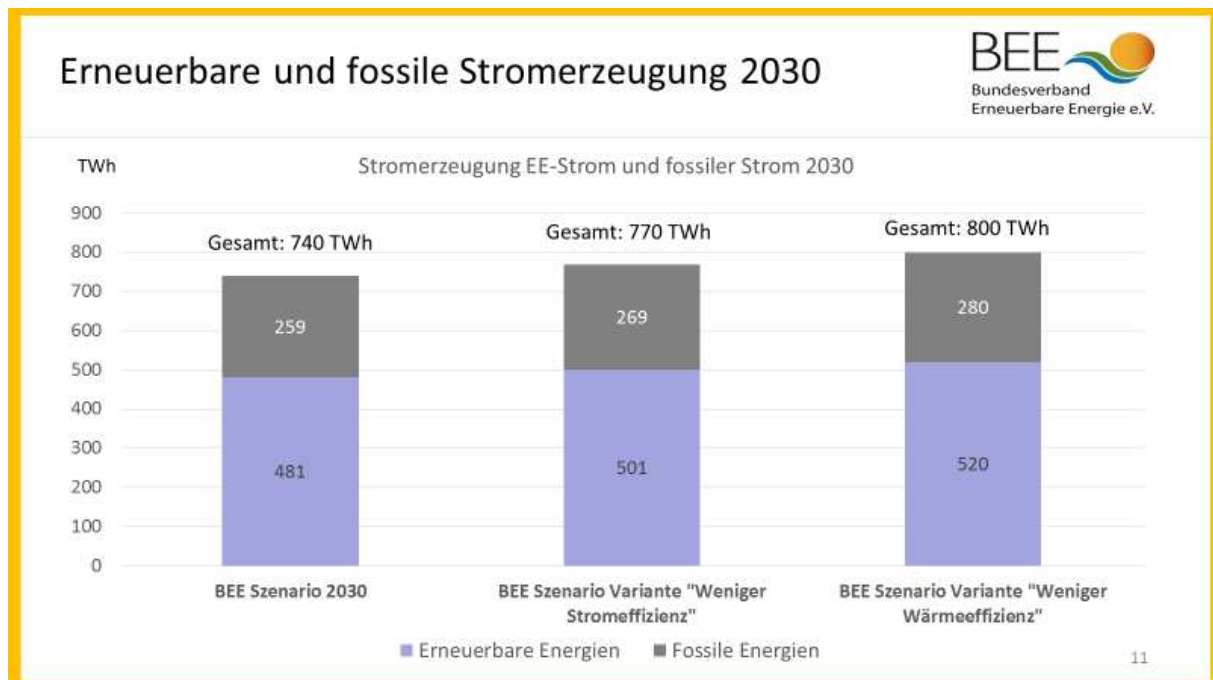
Tab. 3: Effizienzannahmen im BEE Szenario 2030 und den Sensitivitäts-Varianten

	BEE Szenario 2030	BEE Szenario Variante "Weniger Stromeffizienz"	BEE Szenario Variante "Weniger Wärmeeffizienz"
Energiewirtschaft	-1,0%	-0,5%	-1,0%
Gebäude	-2,0%	-2,0%	-1,0%
Verkehr	-1,0%	-1,0%	-1,0%
Industrie	-1,0%	-1,0%	-1,0%
Landwirtschaft	-1,0%	-1,0%	-1,0%

Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

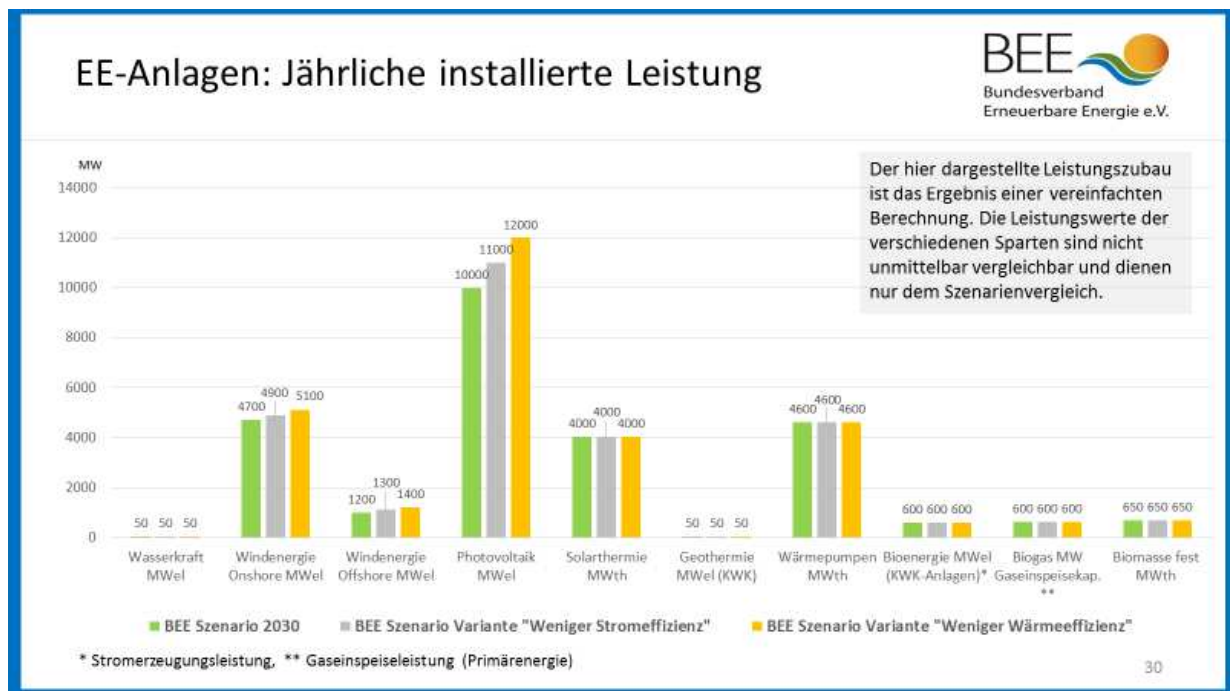
Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass eine geringere, nur halb so hohe Effizienzentwicklung wie im BEE-Szenario 2030 zu einem deutlich höheren Stromverbrauch führt (siehe Abb. 12). In der Variante „Weniger Stromeffizienz“ steigt der Stromverbrauch um 30 TWh gegenüber dem Basisszenario auf insgesamt 770 TWh. Daraus abgeleitet ergeben sich bei einem Anteil von 65-Prozent-Erneuerbaren Energien 501 TWh Strom aus Erneuerbare Energien. In der Variante „Weniger Wärmeeffizienz“ fällt die Zunahme des Stromverbrauchs mit 60 TWh gegenüber dem Basisszenario noch höher aus. Der gesamte Stromverbrauch von 800 TWh führt bei einem 65-Prozent-Anteil von Erneuerbaren Energien zu 520 TWh EE-Strom.

Abb. 12: Erneuerbare und fossile Stromerzeugung im Jahr 2030 im BEE-Szenario 2030 und den Sensitivitäts-Varianten



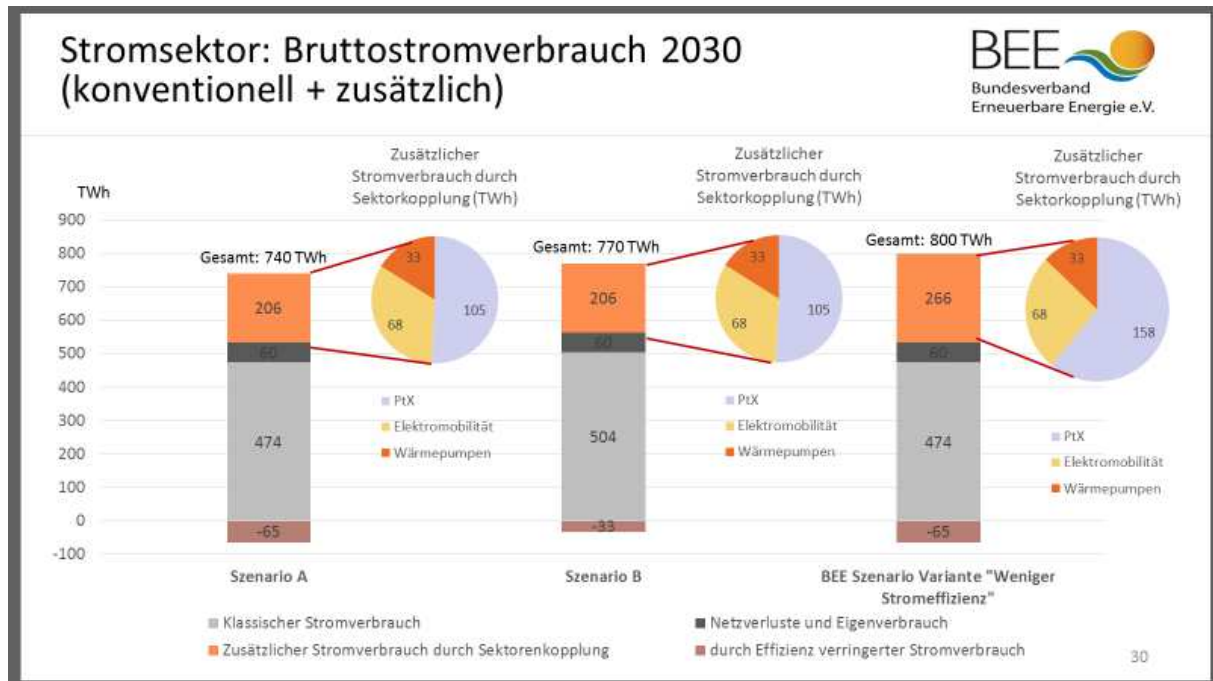
Die folgende Abbildung zeigt den erforderlichen Umfang jährlicher Neuinstallationen, um die Strom- und Wärmemengen aus Erneuerbaren Energien in den Sensitivitäts-Varianten erzeugen zu können. Diese betragen in der Variante „Weniger Stromeffizienz“ 4.900 MW Windenergie Onshore, 1.300 MW Windenergie Offshore, 11.000 MW Photovoltaik, 600 MW Bioenergie, 50 MW Wasserkraft und 50 MW Geothermie. In der Variante „Weniger Wärmeeffizienz“ sind 5.100 MW Windenergie Onshore, 1.400 MW Windenergie Offshore, 12.000 MW Photovoltaik, 600 MW Bioenergie, 50 MW Wasserkraft und 50 MW Geothermie erforderlich.

Abb. 13: Jährlich installierte Leistung im BEE-Szenario 2030 und den Sensitivitäts-Varianten



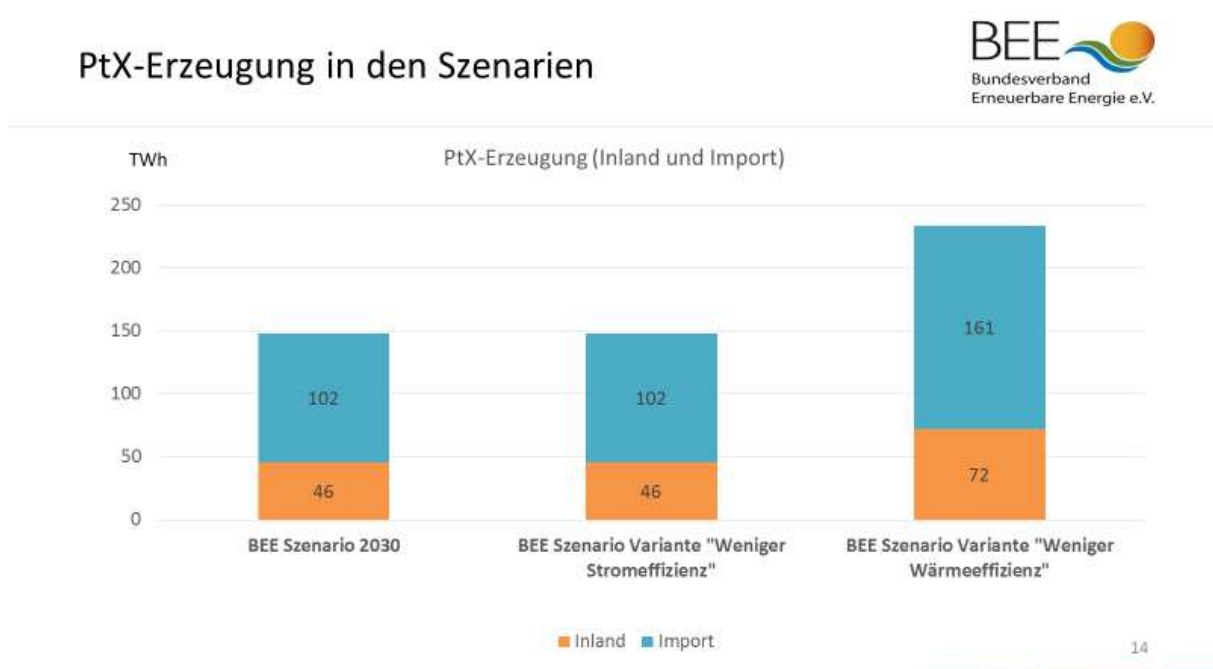
In der folgenden Abbildung wird der konventionelle und zusätzliche Stromverbrauch dargestellt. In der Variante „Weniger Stromeffizienz“ steigt der klassische Stromverbrauch um 30 TWh gegenüber dem Basisszenario, während der zusätzliche Stromverbrauch gleichbleibt. In der Variante „Weniger Wärmeeffizienz“ nimmt dagegen der klassische Stromverbrauch gegenüber dem Basisszenario nicht zu, während der zusätzliche Stromverbrauch um 60 TWh wächst.

Abb. 14: Konventioneller und zusätzlicher Stromverbrauch im BEE-Szenario 2030 und den Sensitivitäts-Varianten



Der höhere, zusätzliche Strombedarf in der Variante „Weniger Wärmeeffizienz“ entsteht durch den höheren PtX-Bedarf, der gegenüber dem Basisszenario um 85 TWh zunimmt (siehe Abb. 15). Davon werden 72 TWh durch die inländische Erzeugung und 161 TWh durch Importe gedeckt.

Abb. 15: PtX-Erzeugung im BEE-Szenario 2030 und den Sensitivitäts-Varianten



8. Quellen

Agentur für Erneuerbare Energien (2017). Metaanalyse. Zusammenspiel von Strom- und Wärmesystem. Berlin, Agentur für Erneuerbare Energien.

Agora Energiewende (2017): Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Berlin, Agora Energiewende.

Agora Energiewende (2018): Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030. Berlin, Agora Energiewende.

AG Energiebilanzen (2018). Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2017. Berlin, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.

BMWi and AGEE Stat (2018). Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik.

BMUB (2016). Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

Ecke, J. and A. Fricke (2018). META-Studie Sektorenkopplung: „Analyse einer komplexen Diskussion“. Berlin, Enervis Energy Advisors GmbH, VNG Gruppe.

Europäische Union (2009). Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. L 140/16. Europäisches Parlament and Rat der Europäischen Union.

Gerbert, P., et al. (2018). Klimapfade für Deutschland, The Boston Consulting Group (BCG), Prognos.

Gerhardt, N. (2016). Plattform Strommarkt. Die Rolle von Sektorkopplung und Flexibilisierung zur kosteneffizienten Zielerreichung auf Basis der Studie Interaktion Strom, Wärme, Verkehr. Berlin, Fraunhofer IWES.

Harthan et al. (2017). Sektorale Abgrenzung der deutschen Treibhausgasemissionen mit einem Schwerpunkt auf die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen. Arbeitspapier. Berlin, Öko-Institut e.V..

Hecking, H., et al. (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Gutachterbericht, Entwurf 3, 14. Mai 2018. Köln, Deutsche Energie-Agentur (dena).

Klein, S., et al. (2017). Erneuerbare Gase - ein Systemupdate der Energiewende, Enervis Energy Advisors GmbH.

Nitsch, J. (2016). Die Energiewende nach COP 21 - Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung. Stuttgart.

Quaschnig, V. (2016). Sektorkopplung durch die Energiewende. Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung, Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin.

Repenning, J., et al. (2015). Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Berlin, Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI.

Schlesinger, M., et al. (2014). Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Endbericht. Basel/Köln/Osnabrück, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

Schmitt et al. 2017. Solare Prozesswärme. Mit Solarthermie Abläufe in Industrie und Gewerbe unterstützen. BINE-Themeninfo II/2017. Bonn, BINE Informationsdienst.

Wietchel, M., et al. (2018) Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen. Working Paper Sustainability and Innovation. No. S 01/2018. Karlsruhe, Fraunhofer ISI.

Kontakt:

Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)
Invalidenstraße 91
10115 Berlin

Fon: 030 / 2 75 81 70 – 0

Fax: 030 / 2 75 81 70 –20

E-Mail: info@bee-ev.de

