

GROKO – II
Szenarien der deutschen Energieversorgung
auf der Basis des EEG-Gesetzentwurfs -
insbesondere Auswirkungen auf den Wärmesektor

Kurzexpertise
für den
Bundesverband Erneuerbare Energien e.V.

Dr. Joachim Nitsch
Stuttgart, 21. Juli 2014

Zusammenfassung

Übergeordnete Auswirkungen

Das novellierte EEG hat mit dem Ausbaukorridor und anderen Regelungen den weiteren Ausbau für den Stromsektor klar definiert. Dies hat Folgen für die Erreichung verschiedener energiepolitischer Ziele. Werden die weiteren energiepolitischen Vorstellungen der Großen Koalition, umgesetzt, wird das Emissionsreduktionsziel bis 2020 um 115 Mio. t CO₂/a verfehlt. Statt des angestrebten CO₂-Rückgangs des um 40% gegenüber 1990 werden nur 29% erreicht. Der im Rahmen des Nationalen Aktionsplans an die EU gemeldete Anteil der EE am Endenergieverbrauch von 18% im Jahr 2020 wird mit 16% ebenfalls verfehlt.

Diese Ergebnisse beruhen auf einem Szenario (GROKO-II)¹, welches die im EEG vorgesehenen Zubauraten für Wind, Fotovoltaik und Biomasse aufgreift, die Wechselwirkungen bei der Biomasse mit der EE-Wärmeversorgung beschreibt und schließlich die derzeit kaum vorhandenen Impulse zur Steigerung der Energieeffizienz in den Verbrauchssektoren berücksichtigt. Setzt sich dieser Trend auch nach 2020 fort, bleibt die Energiewende auf der Strecke. Bis 2050 ist weder der Energieverbrauch mit 74% des heutigen Wertes ausreichend gesunken noch haben die EE mit 28% nennenswerte Anteile am Primärenergieverbrauch erreicht (2013 = 11,5%). An fossiler Endenergie werden mit 5275 PJ/a noch 65% der heutigen Menge benötigt (**Abbildung Z1**; Szenario GROKO-II). Folglich erreicht auch die Treibhausgasreduktion nur eine Höhe von 55% statt der aus Klimaschutzsicht erforderlichen 80 - 95%.

Zusätzlich wurde ein Szenario erstellt, welches die Zielsetzungen des ursprünglichen Energiekonzepts der Bundesregierung aus dem Jahr 2011 bis zur Jahrhundertmitte abbildet, (Szenario 100-II; **Abbildung Z1**). Unter den Vorgaben dieses Szenario 100-II gelingt es, den Beitrag der fossilen Endenergie im Jahr 2050 auf nur noch knapp 25% des heutigen Wertes zu reduzieren und damit eine Treibhausgasreduktion von 85% zu erreichen. Damit verbunden ist automatisch eine erhebliche Verbesserung der Energieimportbilanz. Statt wie heute Mineralöl, Erdgas und Kohle in Höhe von 8500 PJ/a (= 70% unseres Energieverbrauchs) zu importieren, sind es dann nur noch 3200 PJ/a. Bereits 2030 werden rund 30% weniger fossile Energieträger benötigt als heute. Dies macht deutlich, dass die ursprüngliche Energiewendestrategie Deutschlands ein wirksamer Weg ist, die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen bereits kurzfristig deutlich zu verringern. Dagegen zeigt das Szenario GROKO-II, dass mit einer eingriffsarmen Energiepolitik und unkoordinierten Einzelaktivitäten im Zeitverlauf die Defizite in allen Bereichen deutlich wachsen.

Entwicklung im Strombereich

Bei voller Ausschöpfung der im EEG festgelegten Zubauraten für Wind, Fotovoltaik und Biomasse kann der Zielkorridor für den EE-Stromanteil des Jahres 2025 von 40 bis 45% erreicht werden (**Abbildung Z2**). Eine zentrale Voraussetzung dafür ist jedoch, dass der Bruttozubaue bei Wind-Onshore kurzfristig auf 3200 MW/a gesteigert werden kann und sich längerfristig bei 3500 MW/a einpendelt. Dies ist aber unter den bestehenden Rahmenbedingun-

¹ Erweiterung und Aktualisierung der Szenarien „GROKO“ und „100“ vom 5. Februar 2014 unter besonderer Berücksichtigung des EEG-Gesetzentwurfs vom 8. April 2014 und des EEG-Gesetzestexts vom 4. Juli 2014.

gen, wie reduzierte Vergütungen und der angekündigte Übergang zu Ausschreibungen äußerst unwahrscheinlich.

Mittelfristig schwächt sich der EE-Zubau ab, auch wenn die Zubauraten gemäß EEG ausgeschöpft werden. Nahezu konstanten Bruttozubauraten (Summe aller EE ~ 6 500 MW/a) steht ein stetig sinkender Nettozubau an Leistung gegenüber, sodass nach 2030 der weitere Anstieg der kumulierten EE-Leistung nahezu zum Erliegen kommt. Damit wird nicht nur der Zielkorridor im Jahr 2035 (55-60%) verfehlt, auch langfristig wird ein Anteil von 60% nicht überschritten. Im Vergleich zur eigentlich erforderlichen Wachstumsdynamik (Szenario 100-II), die einen EE-Stromanteil in 2050 von über 85% sicherstellt (Abbildung Z2), „fehlen“ im Jahr 2020 bereits 10 GW an EE-Anlagen, in 2030 sind es bereits 30 GW und bei länger anhaltenden Restriktionen werden es im Jahr 2050 rund 75 GW sein.

Entwicklung im EE-Wärmesektor

Der neue Zielkorridor für EE-Biomasse im EEG führt auch zu einem Abbremsen der bereits heute unzulänglichen Zubaudynamik der EE im Wärmesektor. In den letzten Jahren hat sich nämlich die Wärmebereitstellung via Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomasseanlagen zur Stromerzeugung deutlich erhöht und stellt heute bereits 24% (28 TWh/a) der gesamten Biomassewärme (**Abbildung Z3**). Mit den Restriktionen des EEG bezüglich Biomasse wird dieser Nutzwärmebeitrag mittelfristig wieder auf ein Drittel sinken. Zwar könnte dafür mehr feste Biomasse in Einzelheizungen eingesetzt werden, dies ist aber aus strukturellen Gründen nicht optimal, da sie dem langfristig erforderlichen Strukturwandel hin zu einer stärker vernetzten und effizienteren Wärmenutzung zuwiderläuft.

Das ohnehin zu geringe Wachstum des EE-Wärmemarkts wird dadurch weiter gedämpft. Für eine erhebliche Beschleunigung der bisher wenig dynamischen Entwicklung des Solarkollektor- und des Wärmepumpenmarktes bietet die derzeitige Energiepolitik keine neuen Anreize. Sie verharrt im Status Quo Obwohl im Szenario GROKO-II Solarkollektoren ihren Beitrag innerhalb des nächsten Jahrzehnts nahezu verdoppeln und Umwelt- und Geothermiewärme noch stärker steigen, nimmt der Gesamtbetrag an EE-Wärme bis 2020 nur noch um 6% auf rund 140 TWh/a (508 PJ/a) zu, um dann praktisch zu stagnieren (Abbildung Z3). Der Anteil der EE-Wärme an der gesamten Wärmeversorgung verharrt auf niedrigem Niveau und steigt von rund 10% (2013) auf nur knapp 12% im Jahr 2030.

Sowohl für eine umfassende KWK-Nutzung der Biomasse und der Geothermie, als auch für substanzielle Beiträge von Solarkollektoren zur Heizwärmedeckung sind Nahwärmeanlagen im Rahmen kommunaler Versorgungskonzepte von zentraler Bedeutung. Diese wünschenswerte Entwicklung kommt durch die restriktiven Vorgaben für Biomasseanlagen im EEG zum Erliegen. Aktuell wenige Nahwärmeanlagen auf der Basis von Solarwärme und hydrothermaler Wärme können den Rückgang im Biomassebereich zeitnah kaum kompensieren. Damit fällt ein wesentliches Strategieelement des notwendigen strukturellen Wandels im Wärmesektor weg. Auch der angestrebte Ausbau der KWK auf 25% im Jahr 2020 wird durch diese Restriktion zusätzlich gefährdet.

Die sehr geringe Zubaugrenze von 100 MW/a im EEG für alle Biomasseanlagen wirkt sich sowohl stromseitig wie wärmeseitig negativ aus. Im Vergleich zum letzten Jahrzehnt, in dem die durchschnittlichen Zubauraten bei insgesamt 450 MW/a lagen, kommt der weitere Zubau praktisch zum Erliegen. Nach 2025 muss mit einem Rückgang der installierten Leistung ge-

rechnet werden, falls an dieser restriktiven Vorgabe festgehalten wird. Biomassekraftwerke könnten mittelfristig eine gesicherte, flexible Leistung von 12 – 15 GW bereitstellen (derzeit rund 6,5 GW, ohne biogenen Abfall), die für eine erfolgreiche Integration der EE in die Stromversorgung von großer Bedeutung ist. Die jetzt vorgesehene Begrenzung auf einen Bruttozubaup von 100 MW/a dürfte jedoch bewirken, dass sich bis 2030 ein Leistungsdefizit von rund 10 GW aufbaut. Gleichzeitig fehlen damit bedeutende Beiträge zur Erneuerbaren Wärmeproduktion, die durch andere Erneuerbare Wärmetechnologien nicht ausgeglichen werden können.

Gibt es Spielräume für eine zusätzliche CO₂-Minderung?

Im Szenario GROKO-II wird das Emissionsminderungsziel 2020 um 115 Mio. t CO₂/a verfehlt. Die Differenz wächst auf 178 bis 2025 und auf 216 Mio. t CO₂/a bis 2030. **Abbildung Z4** zeigt die zusätzlichen Beiträge einzelner Bereiche, die im Szenario 100-II dazu führen, dass dort die Emissionsminderungsziele des Energiekonzepts erreicht werden.

Das Fehlen einer wirksamen Effizienzpolitik ist der Hauptgrund für das Minderungsdefizit. Die weitere Verringerung der Endenergienachfrage des Szenarios GROKO-II um rund 800 PJ/a bis 2020 könnte 67% der zusätzlich erforderlichen CO₂-Minderung erbringen. Ein stärkeres Wachstum der KWK bringt weitere 12%. Ein dynamischeres Wachstum von EE-Strom kann eine zusätzliche Minderung von rund 14% bewirken und eine deutliche Zunahme der Wachstumsdynamik von EE-Wärme 7%.

Die im Szenario GROKO-II unzulängliche Effizienzsteigerung kann kurzfristig nicht durch einen verstärkten EE-Ausbau kompensiert werden. Dazu wäre **mehr als eine Verdopplung** des gesamten EE-Beitrags von 2013 (1145 PJ/a) innerhalb der nächsten 6 Jahre erforderlich, was selbst unter sehr optimistischen Bedingungen strukturell kaum möglich ist. Der Großteil davon müsste – entsprechend der Gewichtung der CO₂-Beiträge in **Abbildung Z3** – von EE-Strom erbracht werden. Dies widerspricht aber den engen Vorgaben des neuen EEG.

Unterstellt man in einer weiteren Sensitivitätsanalyse auch im Szenario GROKO-II eine ähnlich erfolgreiche Effizienzpolitik wie im Szenario 100-II, beachtet aber die Restriktionen infolge des EEG und nimmt einen ebenfalls schwachen KWK-Ausbau an, so fehlen in 2020 immer noch 38 Mio. t CO₂/a zur Zielerreichung. Setzt man dafür auf eine verstärkte Ausbaudynamik der EE-Wärmeversorgung, müsste der derzeitige EE-Wärmebeitrag (478 PJ/a) ebenfalls innerhalb der **nächsten 6 Jahre mehr als verdoppelt** werden. Im EE-Wärmesektor sind die strukturellen Hemmnisse für eine derartig rasante Beschleunigung des Zubaus noch erheblich größer als im EE-Stromsektor, da der bereits große Wärmebeitrag aus Biomasse nicht mehr in größerem Umfang gesteigert werden kann. Der erforderliche Zuwachs müsste fast ausschließlich von Solarkollektoren und Wärmepumpen erbracht werden. Diese EE-Arten stellen derzeit zusammen aber lediglich 60 PJ/a EE-Wärme bereit bzw. rund 1% des gesamten Wärmebedarfs. Es wäre also rein rechnerisch eine knapp **Verzehnfachung** dieses Beitrags innerhalb von nur 6 Jahren erforderlich.

Ersichtlich ist damit, dass eine größere Kompensation von Effizienzdefiziten allein durch einen verstärkten Ausbau von EE-Wärme angesichts der derzeit wenig ausgeprägten Wachstumsdynamik rasch an Grenzen stößt. Ein schnelles und ambitioniertes Handeln ist erforder-

lich ist, um rasch eine Vervielfachung der Erneuerbaren Wärmeproduktion zu erreichen, damit EE-Wärme den ihr angemessenen Stellenwert in der Energiewende erreicht

Schlussfolgerungen

Die Studie zeigt, dass „Ausfälle“ in einem Energiesektor bei der notwendigen CO₂-Minderung kurzfristig nur sehr begrenzt durch einen anderen Sektor kompensiert werden können. Die Potenziale der Effizienzsteigerung, des weiteren Wachstums von EE-Strom und von EE-Wärme müssen in ihrem möglichen Umfang und zeitlich aufeinander abgestimmt genutzt werden. Ansonsten sind das Klimaziel für 2020 und eine größere Unabhängigkeit von Energieimporten nicht erreichbar, auch langfristige Klimaziele lassen sich kaum noch erfüllen. Dies droht aber unter den Rahmenbedingungen der derzeitigen Energiepolitik, wie die Ergebnisse des Szenarios GROKO-II zeigen.

Im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes und einer weiterhin erfolgreichen Energiewende ist folgendes erforderlich:

- Das weitere Wachstum von EE-Strom auf hohem Niveau zu stabilisieren und längerfristig (über 2025 hinaus) abzusichern;
- das bisherige unzulängliche Wachstum von solarer Wärme, Umweltwärme und Geothermie erheblich zu beschleunigen und danach langfristig zu stabilisieren;
- die Erschließung der erheblichen und unverzichtbaren Potenziale der Effizienzsteigerung durch wirksame Maßnahmen und Rahmenbedingungen deutlich voranzubringen;
- wirksame Rahmenbedingungen für eine substantielle und stabile Ausweitung der Kraft-Wärme-Kopplung zu schaffen.

Solange diese Maßnahmen, die in ihren möglichen Wirkungen im Szenario 100-II abgebildet wurden, nicht zum Hauptbestandteil der Energiepolitik werden, kann von einer erfolgreichen „Energiewendestrategie“ nicht die Rede sein.

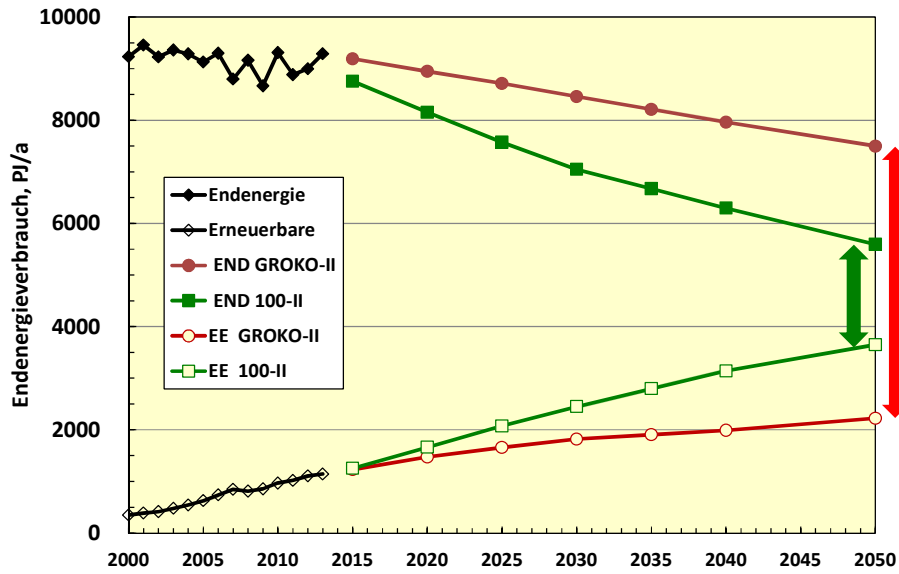


Abbildung Z1: Verlauf des Endenergieverbrauchs und der EE-Endenergie für die Szenarien GROKO-II und 100-II (Klimaschutz)

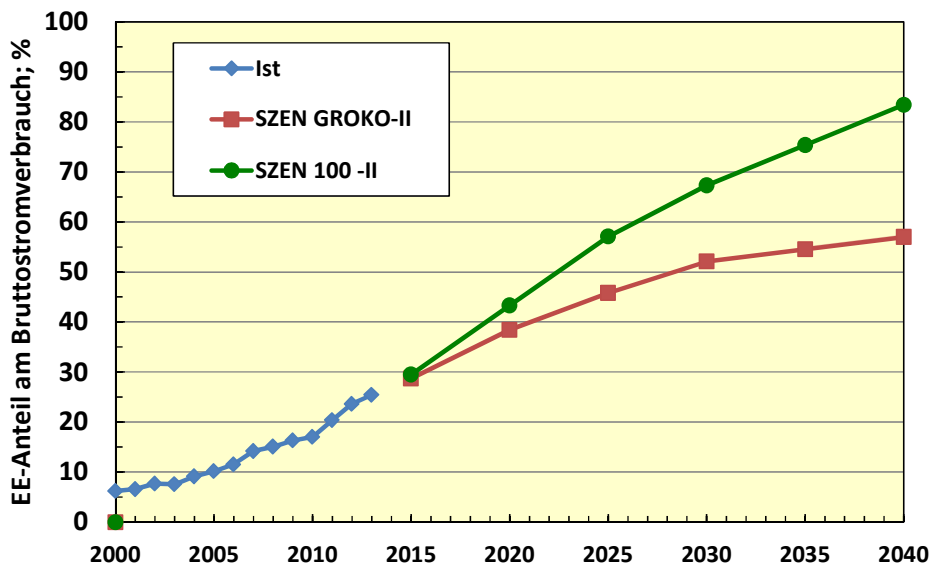


Abbildung Z2: Entwicklung des EE-Anteils am Bruttostromverbrauch für das Szenario GROKO-II und die anzustrebende Entwicklung gemäß Szenario 100-II

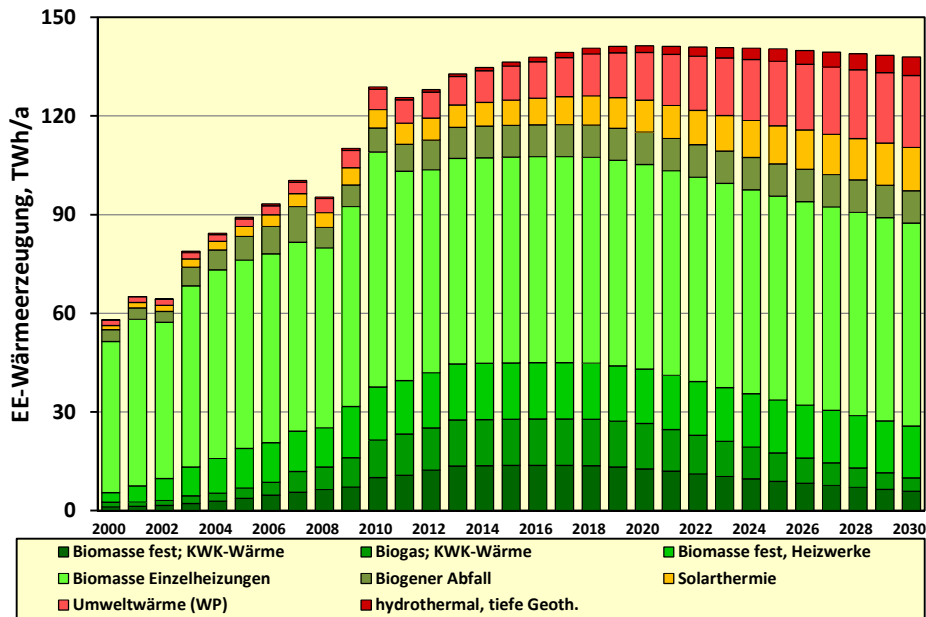


Abbildung Z3: Wärmeerzeugung aus EE im Szenario GROKO-II nach einzelnen EE-Technologien

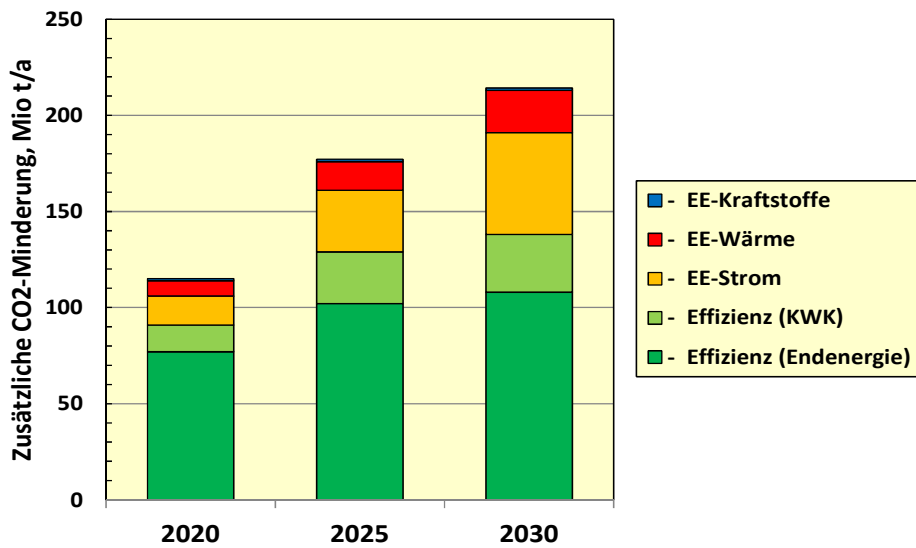


Abbildung Z4: Zusätzliche CO₂-Minderung im Szenario 100-II zur Kompensation der Zielverfehlung im Szenario GROKO-II

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	9
2. Szenariendefinition	9
3. Ausgangssituation	10
4. Brutto- und Nettozubauraten für Wind, Fotovoltaik und Biomasse und resultierende Leistungsinstallation	13
5. Die Szenarienergebnisse im Überblick	17
5.1 Entwicklung von Energieproduktivität und Energieverbrauch.....	17
5.2 Entwicklung des Zubaus erneuerbarer Energien	21
5.3 Wirkung der Szenarien auf die energiebedingten CO ₂ -Emissionen.....	23
6. Wesentliche Ergebnisse der Szenarien GROKO-II und 100-II	25
7. Entwicklung des Wärmesektors	30
7.1 Struktur der Wärmeerzeugung.....	30
7.2 Wärmeerzeugung mittels erneuerbarer Energien.....	34
8 Die Struktur des Ausbaus erneuerbarer Energien im Gesamtüberblick...	39
9 Kompensationsmöglichkeiten der CO₂-Minderungsdefizite im Szenario GROKO-II	42
10 Literatur	46
11 Datenanhang	47

GROKO – II: Szenarien der deutschen Energieversorgung auf der Basis des EEG-Gesetzentwurfs - insbesondere Auswirkungen auf den Wärmesektor

1. Einleitung

Die Energiewende in Deutschland wird nur gelingen, wenn in allen drei Nutzungsbereichen Strom, Wärme und Mobilität eine erhebliche Reduktion des Verbrauchs und ein weitgehender Ersatz der fossilen Energieträger erreicht werden. Erneuerbare Energien (EE) und Effizienzsteigerung bei Energieumwandlung und –verbrauch (EFF) sind die zwei untrennbaren Bestandteile eines erfolgreichen Umbaus unserer Energieversorgung. Nur damit können Versorgungssicherheit, Klimaschutz und eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung gemeinsam erreicht werden.

Das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) hat am 26.06.2014 mit der 10-Punkte-Energie-Agenda angekündigt, im November u.a. eine Gebäudestrategie und eine Effizienzstrategie im Kabinett beschließen zu lassen [BMWi 2014c]. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Bauen (BMUB) plant zum gleichen Zeitpunkt ein Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 vorzulegen, mit dem die noch erforderlichen Klimagasreduktionen erreicht werden sollen, um die angestrebte Reduktion um 40 Prozent gegenüber 1990 zu erreichen. Nach Berechnungen des BMUB auf der Grundlage der gesetzlichen Regelungen bis Oktober 2012 wird der Ausstoß von Treibhausgasen bis 2020 nur um 33 Prozent sinken.

Vor diesem Hintergrund hat der BEE diese Studie in Auftrag gegeben. Mit ihr sollte zum einen überprüft werden, inwieweit es der mit dem aktuell novellierten EEG gewünschte reduzierte Ausbau der EE erschwert, die Versorgungssicherheit zu verbessern, sowie die Klimaschutzziele und die verpflichtenden europäischen Erneuerbaren Ziele zu erreichen. Zum anderen sollten weitere Möglichkeiten zur Steigerung der Versorgungssicherheit, zur Klimagasreduktion und zur Erhöhung des EE-Anteils untersucht werden.

Im Wärmesektor werden – unter Berücksichtigung des für Wärmezwecke eingesetzten Stroms - knapp 60% der Energie in Deutschland verbraucht und rund die Hälfte der CO₂-Emissionen verursacht. Gleichzeitig kommt dort der Ausbau der EE in den letzten Jahren kaum voran. Der EE-Wärmeanteil liegt seit 2010 nahezu gleichbleibend bei knapp 10%. Deshalb wird in der vorliegenden Studie die zukünftige Entwicklung des Wärmesektors besonders beleuchtet und dabei auch die Rückwirkungen des neuen EEG auf die Wärmebereitstellung mittels Biomasse berücksichtigt

Ohne eine wesentlich wirksamere Wärmepolitik wird die Energiewende in Deutschland nicht zum Erfolg führen. Das Land wird dann weiterhin in erheblichem Ausmaß von Importen aus Drittländern abhängig sein und weder seine Klimaschutzziele erreichen, noch dauerhaft bezahlbare und stabile Energiepreise für die Wärmeversorgung sicherstellen können.

2. Szenariendefinition

Ausgehend von den aktuellen energiepolitischen und -wirtschaftlichen Rahmenbedingungen beschreibt das **Szenario „GROKO-II“**, ebenso wie das Vorgängerszenario GROKO vom Februar 2014 [Nitsch 2014a], die Wirkungen der von der Großen Koalition formulierten

energiepolitischen Vorstellungen und der konkret vorgesehenen Maßnahmen. Es berücksichtigt die Vorgaben des EEG-Gesetzentwurfs vom 8. April 2014 und des Gesetzestextes vom 4. Juli 2014 [EEG 2014a; EEG 2014b] und geht von den statistischen Eckdaten des Jahres 2013 [BMWi 2014a; BMWi 2014b; UBA 2014] aus. In der Koalitionsvereinbarung sind außer der Neuformulierung des EEG keine grundsätzlich neuen Impulse zur Beschleunigung des Transformationsprozesses oder zur raschen Behebung grundsätzlicher Hemmnisse bei der Umsetzung der Energiewende formuliert worden. Zudem werden sich die neuen Vorgaben des EEG restriktiv auf den weiteren Ausbau der EE-Stromerzeugung auswirken. Sowohl an der schon bisher wenig entwickelten Effizienzdynamik als auch hinsichtlich der klimapolitischen Rahmenbedingungen werden keine substantiellen Veränderungen unterstellt. Die beabsichtigte Herausnahme von 900 Mio. CO₂-Zertifikaten wird keinen nennenswerten Einfluss auf die CO₂-Preise haben. Vor diesem Hintergrund bildet das **Szenario GROKO- II** hinsichtlich der Verbrauchsentwicklung **eine Fortschreibung der Trends** der letzten Jahre ab. Um die längerfristigen Wirkungen einer eingriffsarmen Energiepolitik auf die Erreichbarkeit der Klimaschutzziele zu illustrieren, wird unterstellt, dass diese Trends im Szenario auch mittelfristig erhalten bleiben bzw. nicht grundsätzlich von ihnen abgewichen wird.

„Maßstab“ für einen erfolgreichen Umbau der Energieversorgung im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes und einer konsequenten Einschränkung des Verbrauchs fossiler Energierohstoffe ist das **Szenario „100-II“** welches hier hinsichtlich der Ausgangsdaten ebenfalls in aktualisierter Form dargestellt wird [Nitsch 2014a]. Es modelliert eine Energieversorgung, die die vorgegebenen mittelfristigen CO₂-Reduktionsziele des Energiekonzepts 2011 mittels einer sinnvollen Kombination von Effizienzsteigerungen und EE-Ausbau in allen Sektoren sicher erreicht und langfristig das obere Treibhausgasreduktionsziel von -95% verwirklicht. Dazu ist eine vollständig CO₂-freie, d.h. eine 100%ig auf EE basierende Energieversorgung erforderlich. In der Rückwärtsbetrachtung dieses **zielorientierten Szenarios** wird ersichtlich, dass sich bis spätestens 2030 die notwendigen Strukturveränderungen und die erforderlichen Umbaugradienten deutlich abzeichnen müssen, wenn diese Zielsetzung im Jahrzehnt 2050 – 2060 tatsächlich erreicht werden soll. Der Vergleich beider Szenarien veranschaulicht die Defizite der sich abzeichnenden Energiepolitik der Großen Koalition.

3. Ausgangsituation

Im aktuellen EEG-Gesetzentwurf vom 8. April 2014 sind für die Stromerzeugung aus Wind, Fotovoltaik und Biomasse folgende Ausbaugrenzen festgelegt worden:

1. Eine Steigerung der installierten Leistung der Windenergieanlagen an Land um 2 500 Megawatt pro Jahr (netto),
2. eine Steigerung der installierten Leistung der Windenergieanlagen auf See auf insgesamt 6 500 Megawatt im Jahr 2020 und 15 000 Megawatt im Jahr 2030,
3. eine Steigerung der installierten Leistung der Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie um 2 500 Megawatt pro Jahr (brutto)
4. eine Steigerung der installierten Leistung der Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse um bis zu 100 Megawatt pro Jahr (brutto).

Die Definition der angestrebten Leistungssteigerung als „Brutto-Ausbau“ bedeutet, dass auch der Ersatz älterer Anlagen unter die Ausbaugrenze fällt. Der tatsächliche Netto-Zubau fällt

also geringer aus, wenn in nennenswertem Ausmaß Altanlagen ersetzt werden müssen. Geht man von einer mittleren Nutzungsdauer von ca. 20 Jahren aus, werden spätestens ab 2020 EE-Anlagen in wachsendem Ausmaß ersetzt werden müssen. Windanlagen an Land sind bereits früher und im besonderen Ausmaß von diesem Effekt betroffen, da infolge der rasanten technologischen Weiterentwicklung der Ersatz älterer Anlagen auch schon vor dem Ende ihrer eigentlichen Lebensdauer wirtschaftlich attraktiv ist. Ein wesentlicher Fortschritt im vorliegenden Gesetzentwurf liegt daher darin, dass gegenüber dem früheren Referentenentwurf der Ausbaukorridor für Windanlagen an Land jetzt als Netto-Korridor definiert ist. Damit fällt der Ersatz älterer Windkraftanlagen (Repowering) nicht mehr unter die durch den Korridor vorgegebene Ausbaugrenze. Für Fotovoltaik und Biomasse bleibt es beim Bruttokorridor. Insbesondere für Biomasse (feste und gasförmige Biomasse), deren jährlicher Zubau zeitweise bei über 300 MW_e/a lag, stellt der vorgesehene Korridor eine erhebliche Einschränkung der bisherigen Ausbaudynamik dar. Aus der Altersstruktur der bis heute erstellten Biomasseanlagen kann geschlossen werden, dass der jetzt vorgesehene Brutto-Korridor – sollte er auch nach 2020 noch aufrechterhalten werden - nicht einmal ausreichen dürfte, um den dann anfallenden Ersatzbedarf von Altanlagen zu decken.

Da die im EEG geförderten Biomasseanlagen auch mittels KWK Nutzwärme bereitstellen, hat der restriktive Biomasse-Korridor des EEG auch Rückwirkungen auf den zukünftigen Beitrag der EE in der Wärmeversorgung. Deshalb wird in den Szenarien GROKO-II und 100-II die EE-Wärmeversorgung detaillierter als in den Vorgängerszenarien dargestellt und dabei auch die Auswirkungen des EEG-Ausbaukorridors für Biomasse berücksichtigt.

Die Auswirkungen der übrigen Vereinbarungen der Großen Koalition zur Energiewende werden im Szenario „GROKO-II“, wie bereits zuvor im Szenario „GROKO“, ebenfalls modelliert. Für den EE-Ausbau ist im Stromsektor ein konkreter Zubaukorridor definiert worden. Er bildet mit einer Bandbreite von +/- 2,5% exakt die bisherigen Mindestausbauziele ab und enthält nach 2035 keine weitere Zubauverpflichtung für EE-Strom. Er berücksichtigt also nicht, dass der EE-Zubau im Strombereich in den letzten Jahren bereits über dem ursprünglichen Zielpfad lag und die jetzige Zielvorgabe daher eine Reduktion der bisherigen Ausbaudynamik mit sich bringen wird. Am KWK-Ziel von 25% bis 2020 wurde festgehalten, obwohl deren Entwicklung bisher mangels wirksamer Anreize weit hinter der dazu erforderlichen Ausbaudynamik zurückgeblieben ist. Deutlich verstärkte Anreize für den KWK-Ausbau wurden aber im Koalitionspapier nicht formuliert. Durch die im EEG-Gesetzentwurf festgelegten Regelungen zur Belastung des Eigenverbrauchs bei neuen Anlagen wird eher ein zusätzliches Hemmnis für den weiteren Ausbau der KWK entstehen. Erhebliche Auswirkungen wird auch das Wegfallen der Zielwerte für den gesamten Endenergiebeitrag der EE haben. Damit ist indirekt der EE-Ausbau im Wärmesektor betroffen.

Für die „zweite Säule“ der Energiewende, der deutlichen Steigerung der Energieeffizienz in allen Segmenten der Energieversorgung, gibt es überhaupt keine quantitativen Zielvorgaben mehr. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die kurz- bis mittelfristige Entwicklung des Energieverbrauchs praktisch dem bisherigen Trend folgen wird. In der 10-Punkte-Energie-Agenda vom Juni 2014 [BMWi 2014c] werden jetzt eine Effizienz- und eine Gebäudestrategie angekündigt. Die Fortschritte bei der Steigerung der Energieproduktivität werden – wie bereits in der Vergangenheit – weitgehend von der weiter steigenden Wirtschafts- und Konsumaktivität kompensiert. Eine absolute Reduktion des Energieverbrauchs - wie sie noch in den Zielwerten des Energiekonzepts 2011 enthalten waren - dürfte daher höchstens in

sehr geringem Ausmaß stattfinden. Der bisherige Verlauf der Kennzahlen der Energieversorgung und ihr Vergleich mit den Zielen des Jahres 2020 (**Tabelle 1**) bestätigen die Erkenntnis, dass diese bei unveränderter Weiterführung der derzeitigen Energiepolitik weitgehend verfehlt werden.

Tabelle 1: Einige Status-Quo-Daten der Energieversorgung und die Zielsetzungen der Energiewende für das Jahr 2020

	2008	2011	2012	2013	Ziel 2020
THG-Emissionen*)					
Absolut; Mio.t CO ₂ äquiv./a	980	929	940	951	749
Reduktion ggü. 1990; %	-21,5	-25,6	-24,7	-23,8	-40,0
CO₂-Emissionen **)					
Absolut; Mio.t CO ₂ /a	851	810	822	834	-625
Reduktion ggü. 1990; %	-18,3	-22,3	-21,1	-20,0	(-40)
Effizienz					
Primärenergieverbrauch; PJ/a	14380	13599	13571	13908	11505
Reduktion bez. auf 2008; %		-5,4	-4,3	-3,3	-20,0
Endenergieverbrauch; PJ/a	9159	8882	8998	9288	
Reduktion bez. auf 2008; %		-3,0	-1,8	+1,2	
Bruttostromverbrauch; TWh/a	618,2	609,8	606,7	599,8	495
Reduktion bez. auf 2008; %		-1,4	-1,9	-3,0	-10,0
EE-Zubau					
EE-Endenergie; PJ/a	811	1022	1108	1145	
Anteil an Endenergie; %	8,6	11,2	12,0	12,0	18,0
EE-Strom; TWh/a	93,2	123,8	143,6	152,6	
Anteil an Bruttoverbrauch; %	15,2	20,6	23,9	25,4	35,0
					(mind.)
*) ohne Landnutzungsänderung (1990 = 1248 Mio. t CO ₂ äquiv.)				EE-Stat; 13.5.2014	
**) Energie und Industrieprozesse (1990 = 1042 Mio. t CO ₂)					
Quellen: BMWi-Energiedaten, März 2014; BMWi-EE-Zeitreihen, Febr. 2014; UBA 2014					

Bei bisher erfolgreichem Ablauf des Umbaus der Energieversorgung müsste die Primärenergieerzeugung Ende 2013 bei rund - 8% liegen (tatsächlich -3,3 %); beim Endenergieverbrauch ist sogar ein leichter Anstieg gegenüber 2008 festzustellen. Die Treibhausgasreduktion liegt mit rund - 24% ebenfalls deutlich hinter dem „Sollwert“ von -31% (für 2013 bei linearer Reduktion seit 1990)². Ähnlich verhält es sich mit den energiebedingten CO₂-Emissionen (einschließlich Industrieprozesse). Eine deutliche Tendenz zur Zielverfehlung zeigt auch der Anteil des gesamten EE-Endenergieverbrauchs, der bei 12% liegt und derzeit nur einen geringen weiteren Anstieg zeigt. Der Anteil 2013 der EE-Stromerzeugung am Bruttostromverbrauch liegt dagegen – bezogen auf den angestrebten Mindestanteil von 35% (bzw. 40-45%

² Die THG-Reduktion bezieht sich auf die Emissionsmenge ohne Landnutzungsänderung (LULUCF). Diese belief sich im Jahr 1990 auf 1248 Mio. t CO₂äquiv. Bei Berücksichtigung der (negativen) Bilanz der aus einer veränderten Landnutzungsänderung resultierenden Emissionen liegt die Reduktion der THG-Emissionen seit 1990 nur bei - 21% (Wert 1990 = 1222 Mio. t CO₂äquiv.; [UBA 2014]).

in 2025) – mit 25,6% im „grünen“ Bereich, der Bruttostromverbrauch ist seit 2008 um -3% gesunken, die Reduktion bleibt aber auch hinter dem Sollwert (-4,2% in 2013) zurück.

Insgesamt lässt die Energiepolitik der Großen Koalition keine kohärente Strategie erkennen, mit der die großen Herausforderungen eines Komplettumbaus aller Sektoren der Energieversorgung in der notwendigen Zeit bis 2050 wirksam bewältigt werden könnten. Die beibehaltene übergeordnete Zielsetzung zum Klimaschutz erhält dadurch ein deutlich geringeres Maß an Glaubwürdigkeit. Schon in den letzten Jahren war erkennbar, dass die Aus- bzw. Umbaudynamik in den Bereichen Effizienzsteigerung, Wärmeversorgung, KWK-Ausbau und Verkehr deutlich gesteigert, und beim EE-Strom mindestens beibehalten werden muss, wenn das langfristige Klimaschutzziel verbindlich angestrebt wird. Mit der jetzigen Energiepolitik der Großen Koalition sind aber aus heutiger Sicht kaum verstärkte Impulse in dieser Richtung zu erwarten, eher ist eine Verfestigung oder sogar weitere Abschwächung der bisherigen, vielfach schon unzulänglichen Trends zu erwarten (vgl. u.a. [Monitoring 2014]).

4. Brutto- und Nettozubauraten für Wind, Fotovoltaik und Biomasse gemäß EEG-Gesetzentwurf und resultierende Leistungsinstallation

Ein zentrale Vorgabe des neuen EEG sind die angestrebten Ausbaukorridore für Wind, Fotovoltaik und Biomasse. Um die tatsächlich erreichbare kumulierte EE-Leistung und die erzeugbare Strommenge ermitteln zu können, muss in zunehmendem Maße die Altersstruktur der EE-Anlagen berücksichtigt werden, da in den nächsten Jahren eine wachsende Anzahl von Anlagen eine Nutzungsdauer von 20 Jahren überschreiten, also entweder außer Dienst gehen oder durch neue i.d.R. leistungsstärkere Anlagen ersetzt werden. In der längerfristigen Betrachtung der Szenarienmodellierung (hier bis 2060) ergeben sich sogar mehrere Erneuerungszyklen der Anlagen. Für die Erstellung des Szenarios GROKO-II werden die Vorgaben des EEG-Gesetzes zugrunde gelegt und tendenziell auch für längere Zeiträume fortgeschrieben. Die resultierenden Brutto- und Nettozubauraten werden im Folgenden erläutert (detaillierte Zahlenwerte im Anhang).

Bei Wind-Onshore ist bereits in den letzten Jahren ein nennenswerter Ersatzbedarf eingetreten. In 2013 wurden rund 340 Anlagen mit 230 MW abgebaut, was etwa 8% des gesamten Bruttozubaues von knapp 3000 MW/a entspricht. Der tatsächliche Nettozuwachs belief sich also auf rund 2770 MW. Für die nächsten Jahre wird angenommen, dass sich trotz verschlechterter Vergütungsbedingungen die jährliche Bruttoinstallation auf rund 3150 MW/a steigern lässt und sie sich längerfristig sogar auf 3500 MW/a einpendelt (**Abbildung 1**). Damit würde dauerhaft der bisher höchste jährliche Zubau von 3250 MW/a im Jahr 2002 übertroffen werden. Dies setzt u. a. voraus, dass beim beabsichtigten Übergang zur Ausschreibung der geförderten Anlagen ab 2017 kein Einbruch, sondern eher noch eine Ausweitung der jährlichen Bruttoinstallation erreichen lässt. Das ist aus der bisherigen Erfahrung mit Ausschreibungsverfahren eher unwahrscheinlich. Die angenommene Bruttoentwicklung ist daher unter den Prämissen des Szenarios GROKO-II eine optimistische Annahme. Bis 2017 wird so ein Nettozubau von 2500 MW/a erreicht, danach sinkt er wegen des deutlich steigenden Ersatzbedarfs bis 2030 auf rund 1200 MW/a und längerfristig gegen Null. Mit diesen Vorgaben wird im Jahr 2020 eine installierte Windleistung an Land von knapp 50 GW, in 2030 von 62 GW und längerfristig ein oberer Wert von 70 GW erreicht.

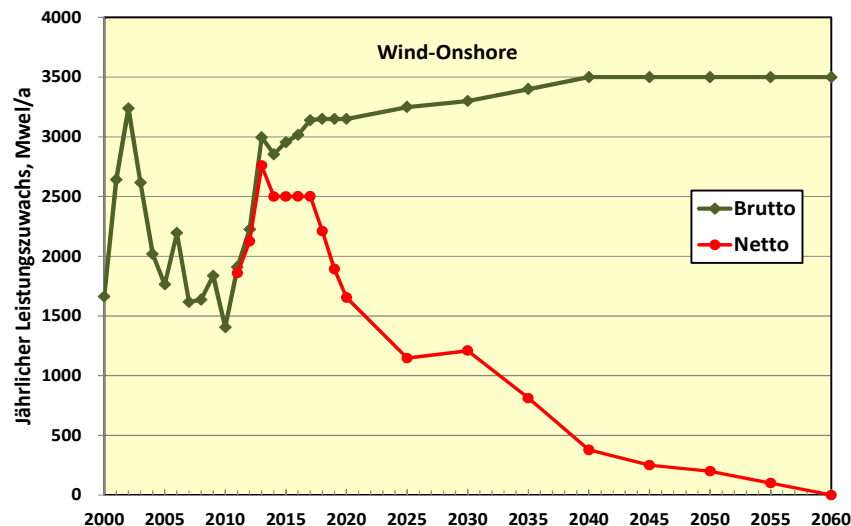


Abbildung 1: Brutto- und Nettozubau von Windanlagen an Land im Szenario GROKO-II

Für Fotovoltaik ist eine Bruttozubaurate von 2500 MW/a vorgegeben (3300 MW/a in 2013). Diese wird im Szenario GROKO-II im Wesentlichen fortgeschrieben (**Abbildung 2**). Da erst ab etwa 2005 eine nennenswerte PV-Leistung vorhanden war, tritt erst nach 2025 eine merkliche Abweichung von Brutto- und Nettozubau auf.

Diese Differenz erweitert sich allerdings rasant, da der sehr hohe Zubau der Jahre 2010 bis 2013 spätestens nach 2035 ersetzt werden muss. Mit diesen Annahmen erreicht die Fotovoltaik in 2020 eine Gesamtleistung von 54 GW und in 2030 von 72 GW. Längerfristig würde die Leistung wieder auf rund 62 GW zurückfallen, obwohl der Maximalrückbau um 2040 etwas gemildert wird, da im Szenario nach 2030 der Bruttozubau wieder angehoben wird und zwischenzeitlich Werte um 3500 MW/a erreicht. Auch dies ist unter den Prämissen des Szenario GROKO-II eine eher optimistische Einschätzung.

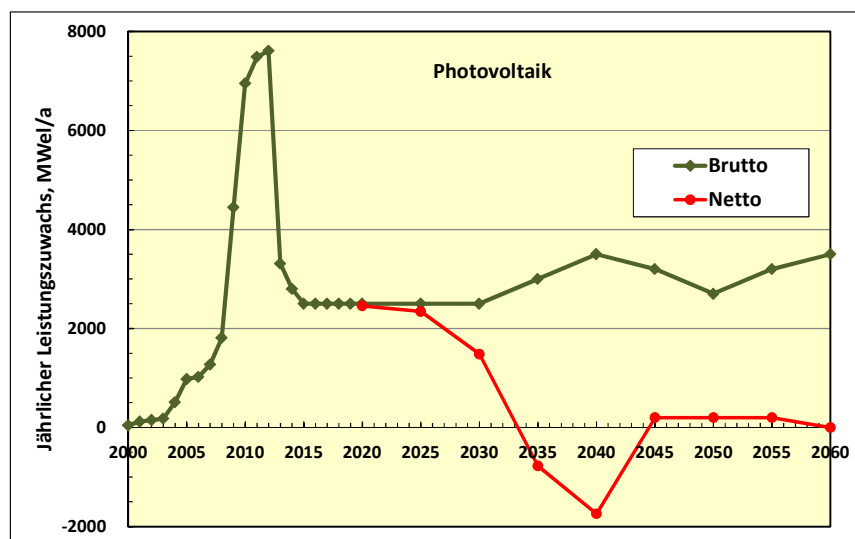


Abbildung 2: Brutto- und Nettozubau von Fotovoltaikanlagen im Szenario GROKO-II

Die bisherigen durchschnittlichen Zubauraten bei Biomasse (**Abbildungen 3 und 4**) beliefen sich zwischen 2000 und 2013 auf rund 130 MW/a bei fester Biomasse und auf rund 300 MW/a bei gasförmiger und flüssiger Biomasse. Auch wenn man berücksichtigt, dass auf Grund sich abzeichnender Potenzialgrenzen das zukünftige Wachstum auch ohne Ausbaubegrenzungen deutlich geringer ausfallen würde, bedeutet die jetzige rigorose Begrenzung der Brutto-Zubaugrenze auf 100 MW/a für sämtliche Biomassearten praktisch eine Blockade des weiteren Ausbaus. Mittelfristig tritt sogar ein Rückgang der installierten Leistung ein, da nach 2020 der steigende Ersatzbedarf älterer Anlagen damit nicht befriedigt werden kann.

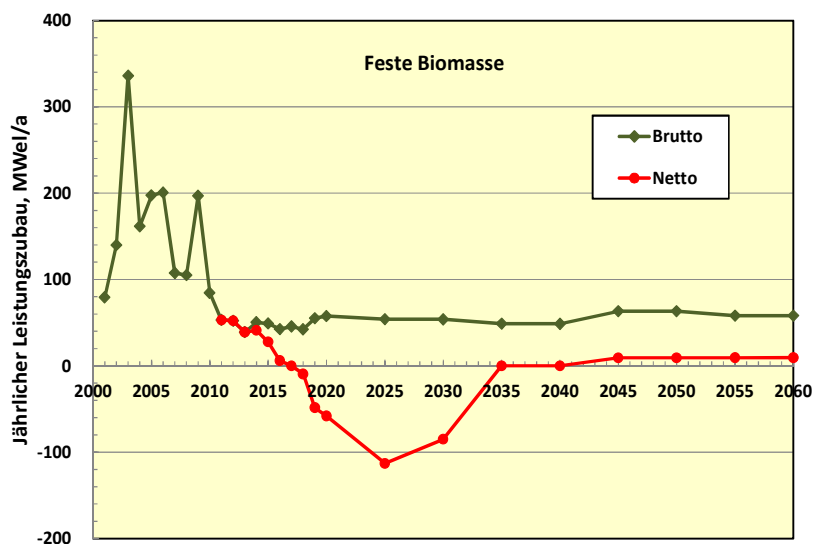


Abbildung 3: Brutto- und Nettozubau von Anlagen zur Stromerzeugung aus fester Biomasse im Szenario GROKO-II (ohne biogener Abfall)

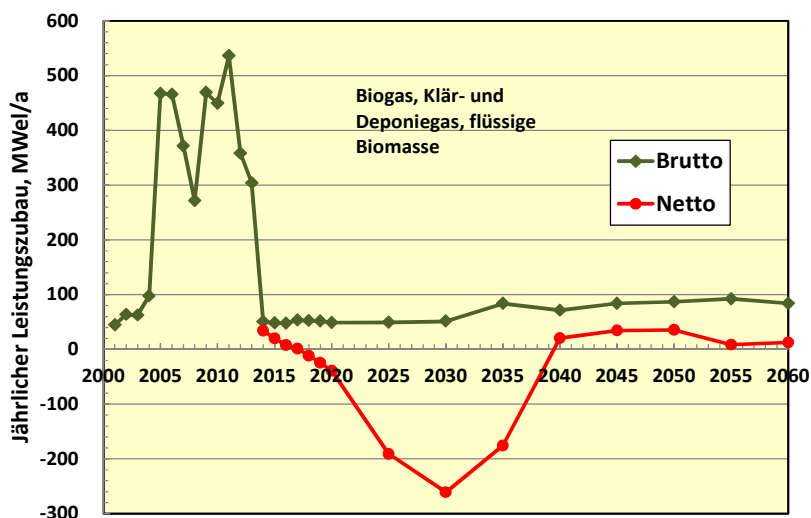


Abbildung 4: Brutto- und Nettozubau von Anlagen zur Stromerzeugung aus gasförmiger und flüssiger Biomasse im Szenario GROKO-II

Teilt man den „zulässigen“ Zubau hälftig auf beide Biomassegruppen auf und schreibt ihn auch nach 2030 fort, so wird der Nettozubau ab etwa 2018 negativ, die kumulierte Leistung sinkt also und verharrt auf Dauer auf einem deutlich niedrigeren Niveau als derzeit. Unter

diesen Vorgaben steigt die kumulierte installierte Leistung von Biomasseanlagen (fest) im Szenario GROKO-II von derzeit 2050 MW bis 2018 noch auf 2130 MW, sie halbiert sich dann bis 2035 auf rund 1030 MW und steigt danach wieder geringfügig (Abbildung 3). Noch erheblicher sind die Auswirkungen für gasförmige und flüssige Biomassen. Ihre Gesamtleistung von derzeit 4350 MW steigt noch minimal auf 4400 MW in 2018 und sinkt danach kontinuierlich bis 2035 auf 1200 MW, was nur noch 27% des heutigen Wertes entspricht. Obwohl danach der Bruttozubau wieder steigend auf 80 bis 90 MW/a angenommen wurde (Abbildung 4) stellt sich am Ende des Betrachtungszeitraums lediglich eine installierte Gesamtleistung von 1700 MW ein.

Fügt man noch den geplanten Ausbau von Wind-Offshore auf 6,5 GW in 2020 und 15 GW in 2030 sowie den (geringen) Ausbau von Wasserkraft und Geothermie hinzu und geht auch von einem beginnenden Import von EE-Strom ab ca. 2025 aus, so zeigt sich, dass der im Szenario GROKO-II zukünftig nur noch gering steigende jährliche Bruttoleistungszuwachs von EE-Anlagen (**Abbildung 5**) zu einer stetigen Abnahme des Nettozuwachses führt, der Ausbau von EE-Anlagen zur Stromerzeugung sich also zukünftig deutlich verlangsamt. Um das Jahr 2040 tritt in der angenommenen Konstellation des Szenarios GROKO-II sogar ein absoluter Rückgang der installierten EE-Leistung ein. Damit wird die längerfristige Erreichung der Ziele der Energiewende in Frage gestellt. Diese Tatsache ergab sich bereits aus den Untersuchungen zum Szenario GROKO vom Februar 2014 [Nitsch 2014a].

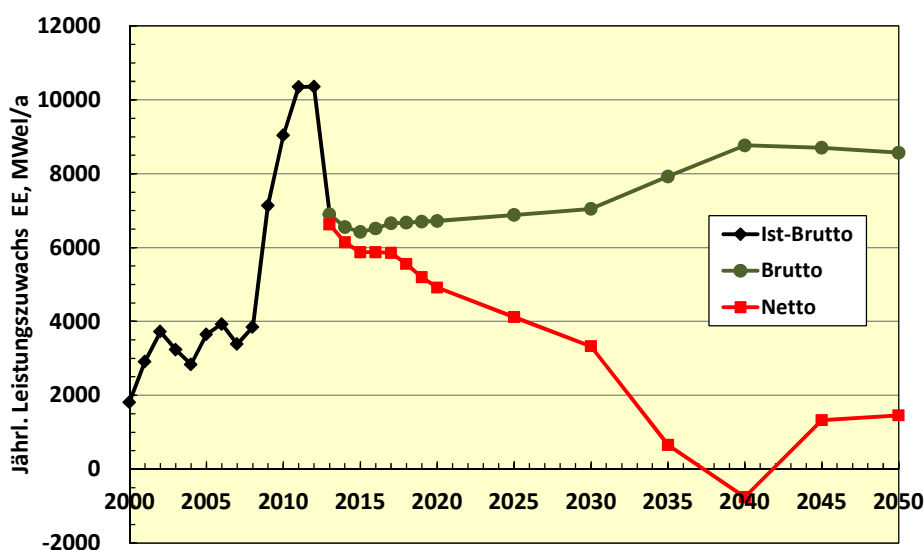


Abbildung 5: Brutto- und Nettozubaue aller EE-Anlagen zur Stromerzeugung im Szenario GROKO-II

Die sich schließlich im Szenario GROKO-II ergebende kumulierte Leistung von EE-Anlagen zur Stromerzeugung zeigt **Tabelle 2**. Gegenüber dem Szenario GROKO vom Februar 2014 fällt die installierte Leistung bis 2040 höher aus. Dies ist die Wirkung der im EEG-Gesetzentwurf von „Brutto“ auf „Netto“ umgestellten Ausbaugrenze für Onshore-Wind, deren volle Ausnutzung im Szenario GROKO-II zumindest für die nächsten Jahre unterstellt wurde. Trotzdem zeigt sich, dass das inländische EE-Wachstum um 2030 praktisch aufhört, wenn die jetzigen im EEG-Gesetz enthaltenen Vorstellungen längerfristig Bestand haben sollten.

Tabelle 2: Kumulierte Leistung von EE-Anlagen zur Stromerzeugung im Szenario GROKO-II.

Installierte EE-Leistung GW el	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Wasserkraft	4,8	5,2	5,4	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Wind Onshore	6,1	18,4	27,0	33,8	38,8	49,5	55,2	61,3	65,4	67,3	68,5	69,5
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,0	0,1	0,5	2,1	6,5	10,8	15,0	17,7	18,3	19,5	21,3
Fotovoltaik	0,1	2,1	17,6	35,9	41,2	53,6	65,4	72,8	68,9	60,2	61,2	62,2
feste Biomasse; biog. Abfall	0,9	2,4	3,4	3,7	3,8	3,7	3,2	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9
gasf., flüssige Biomasse	0,4	1,1	3,2	4,3	4,4	4,3	3,4	2,1	1,2	1,3	1,5	1,7
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6
Gesamt in D	12,3	29,1	56,7	83,9	96,0	123,4	143,7	159,7	161,8	155,8	159,5	163,6
Europäischer Stromverbund	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,3	3,0	5,8	8,8	12,3
Gesamt für D	12,3	29,1	56,7	83,9	96,0	123,4	144,4	161,0	164,8	161,5	168,3	175,9

Nur wenn man nach 2025 zusätzliche Aktivitäten zum weiteren Ausbau der EE unterstellt und diese in ein gesamteuropäisches Klimaschutzkonzept eingebettet werden, entsteht auch ein weiterer Zuwachs an EE-Leistung für die deutsche Stromversorgung. Dies zeigt die **Tabelle 3** für Szenario 100-II im direkten Vergleich zum Szenario GROKO-II (Tabelle 2). Die Leistung steigt kontinuierlich weiter, wie es für den vollständigen Ersatz der fossilen Energieversorgung innerhalb der nächsten Jahrzehnte erforderlich ist. Dafür sind aber steigende Bruttozubauraten erforderlich, die um 2030 die 10 GW/a-Grenze überschreiten (**Abbildung 6**; vgl. auch Abbildung 5; Details im Anhang). Längerfristig muss die Bruttozubaurate auf 14 GW/a steigen, um neben dem steigenden Ersatzbedarf auch noch ein ausreichendes Nettowachstum (um 4 GW/a) zu ermöglichen.

Tabelle 3: Kumulierte Leistung von EE-Anlagen zur Stromerzeugung im Szenario 100-II.

Installierte EE-Leistung GW el	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Wasserkraft	4,8	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3
Wind Onshore	6,1	18,4	27,0	33,8	38,8	51,2	60,4	70,0	77,0	79,8	80,0	80,0
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,0	0,1	0,5	2,1	6,5	12,5	19,9	27,4	34,5	42,0	50,0
Fotovoltaik	0,1	2,1	17,6	35,9	42,8	61,4	76,7	83,1	87,6	93,0	97,7	101,7
feste Biomasse, biog. Abfall	0,9	2,4	3,4	3,7	4,0	4,8	5,2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
gasf., flüssige Biomasse	0,4	1,1	3,2	4,3	4,5	4,8	4,9	5,0	5,2	5,4	5,5	5,7
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,0	1,4	2,0	2,7
Gesamt in D	12,3	29,1	56,7	83,9	97,9	134,7	166,0	190,1	209,6	225,7	238,8	251,8
Europ. Stromverbund	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	3,0	7,5	13,5	17,2	25,4
Gesamt für D	12,3	29,1	56,7	83,9	97,9	134,7	167,5	193,0	217,1	239,1	256,0	277,2

Als Fazit kann festgehalten werden, dass die zeitgerechte Einhaltung der längerfristigen EE-Ziele des Energiekonzepts im Szenario GROKO-II nicht gewährleistet ist. Bereits im Jahr 2020 „fehlen“ rund 10 GW an EE-Anlagen zur Stromerzeugung, im Jahr 2030 sind es bereits 30 GW und bei länger anhaltenden Restriktionen werden es um das Jahr 2050 bereits rund 75 -100 GW sein.

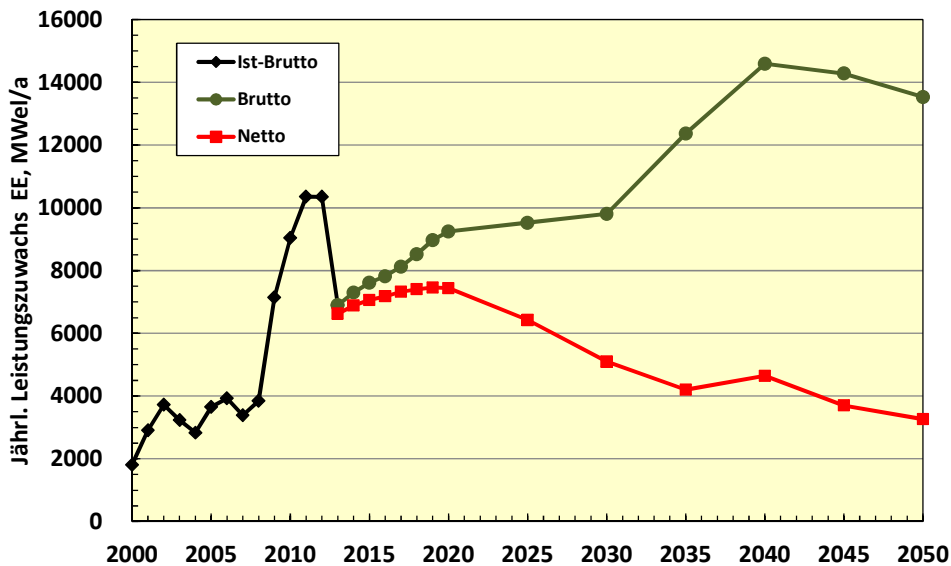


Abbildung 6: Brutto- und Nettozubau aller EE- Anlagen zur Stromerzeugung im Szenario 100-II

5. Die Szenarienergebnisse im Überblick

5.1 Entwicklung von Energieproduktivität und Energieverbrauch

Im Koalitionspapier ist für 2014 die Erarbeitung eines „Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz“ vorgesehen, in der 10-Punkte-Agenda vom Juni 2014 wird eine „Effizienzstrategie angekündigt“. Selbst bei zeitgerechter Umsetzung dieses Plans und angesichts derzeit nur geringer verfügbarer Mittel im Energie- und Klimafonds dürften damit aber kaum Wirkungen bis 2020 verbunden sein. Die konkrete Umsetzung der EU-Effizienzrichtlinie in verbindlichen ordnungsrechtliche Vorgaben und Gesetze ist in der Koalitionsvereinbarung nicht vorgesehen. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass die kurzfristigen Ziele für die Verminderung des Gesamtenergieverbrauch und für Strom im Jahr 2020 (-20% bei PEV, -10% beim Strom, bezogen auf den Ausgangswert 2008) unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht mehr erreichbar sein werden. Unter Berücksichtigung der Verbrauchsentwicklung des letzten Jahrzehnts wird die erreichbare gesamte Effizienzsteigerung im Szenario „GROKO-II“ bestenfalls gering über die bisherigen Trends hinausgehen. Nur bei unverzüglich einsetzenden und sehr wirksamen Anreizen zur Steigerung der Energieproduktivität wäre kurzfristig noch eine Entwicklung vorstellbar, die in die Nähe der durch das Energiekonzept vorgegebenen Minderungsziele kommt. Diese wird im Szenario 100-II abgebildet. Die bisherige Entwicklung der Primär- und Endenergieproduktivität und ihr weiterer Verlauf in den Szenarien sind in **Abbildung 7** dargestellt.

Im Zeitraum 1993 bis 2013 betrug die mittlere Steigerung der Primärenergieproduktivität 1,5%/a, die der Endenergieproduktivität 1,3%/a. Die Zielsetzung des Energiekonzepts verlangt eine mittlere Steigerung der Endenergieproduktivität um 2,1%/a im Zeitraum 2008 bis 2050 [Monitoring 2014]. Im Szenario GROKO-II steigt die Primärenergieproduktivität im Zeitraum 2013-2030 (Zeitraum 2013-2050) um 1,8%/a (1,6%) liegt also nur geringfügig höher als der Vergangenheitswert. Diese gegenüber dem Szenario GROKO vom Februar 2014 [Nitsch 2014a] noch etwas pessimistischere Einschätzung ist durch das derzeitige Fehlen einer auch nur im Ansatz wirksamen Energieeffizienzpolitik begründet. Unter den Randbedingungen des Szenarios 100-II wird dagegen eine Steigerung von 2,8%/a (2,4%/a) für möglich gehalten.

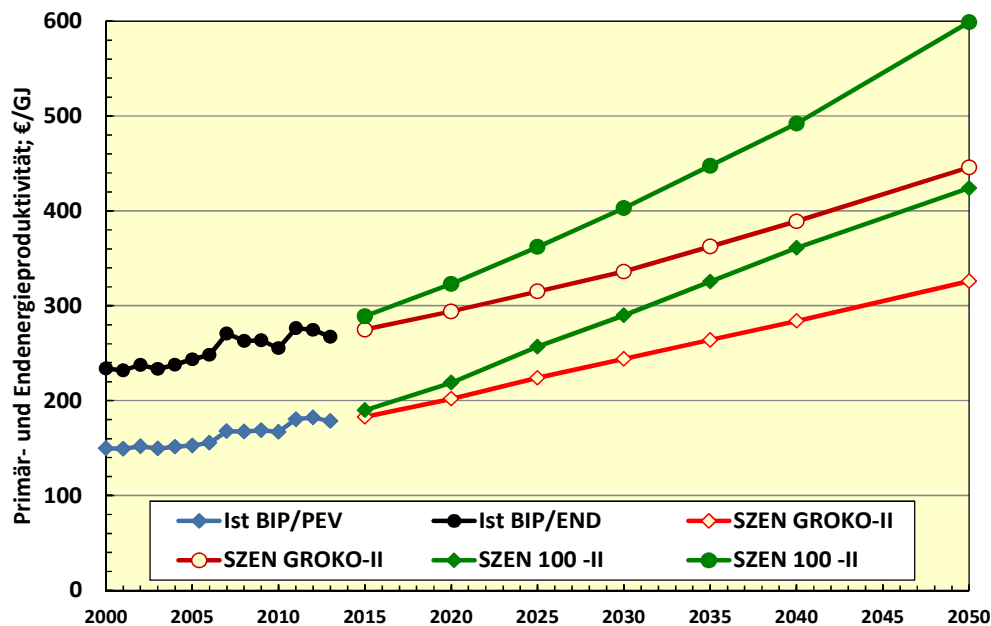


Abbildung 7: Primär- und Endenergieproduktivität zwischen 2000 und 2013 und in den Szenarien GROKO-II und 100-II (Primärenergieproduktivität = Bruttoinlandsprodukt BIP/Primärenergieverbrauch PEV; Endenergieproduktivität entsprechend)

Die entsprechenden Werte für die Endenergieproduktivität liegen für GROKO-II im Zeitraum 2013-2030 (Zeitraum 2013-2050) bei 1,4%/a (1,3%/a) und beim Szenario 100-II bei 2,4%/a (2,0%/a). Die zukünftige Entwicklung des Bruttoinlandsprodukt (BIP) wurde dabei aus Leitstudie 2012 [Nitsch 2012] übernommen.

Selbst unter den sehr optimistischen Annahmen des Szenario 100-II kommt man also mit dem Wert für die Entwicklung der Endenergieproduktivität bis 2050 von 2,0%/a bestenfalls in die Nähe der Zielsetzung des Energiekonzepts.

Einen Vergleich der wesentliche Szenarienergebnisse mit den Zielwerten des Energiekonzepts zeigt **Tabelle 4**. Mit obiger Energieproduktivitätsentwicklung wird im Szenario GROKO-II bis 2020 mit 13 047 PJ/a eine Primärenergieverbrauchsminderung von 9% gegenüber 2008 erreicht. Mit der Umsetzung des Szenarios 100-II wäre ein Primärenergieverbrauch von 12 021 PJ/a möglich und somit eine Reduktion bis 2020 um 16,5% erreichbar. Entsprechend liegen auch die Verbrauchswerte für 2030 beim Szenario GROKO-II deutlich über den Zielwerten, diejenigen des Szenarios 100-II liegen mit 9 800 PJ/a nahe am Zielwert.

Den weiteren Verlauf des Primärenergieverbrauchs zeigt **Abbildung 8**. Der etwa seit 2005 vorhandene leichte Abwärtstrend wird im Sinne einer Trendentwicklung im Szenario GROKO-II angenähert fortgesetzt, womit das Einsparziel verfehlt wird. Auch die ehrgeizige Entwicklung im Szenario 100-II bleibt mit einem um 45% reduzierten Verbrauch in 2050 (gegenüber 2008) noch etwas hinter dem Zielwert des Energiekonzepts 2011 (50%ige Reduktion des Primärenergieverbrauchs bis 2050) zurück. Kurzfristig werden insbesondere beim Stromverbrauch und beim Raumwärmebedarf nur geringe Reduktionen mobilisierbar sein. Im Szenario GROKO-II bleibt der Bruttostromverbrauch konstant (der Stromendenergieverbrauch sinkt gering um 1,2%), der Raumwärmebedarf sinkt um rund 6%

Tabelle 4: Zielwerte des Energiekonzepts 2011 für 2020 und 2030 und entsprechende Szenarienergebnisse im Überblick (fette Zahlen = konkrete Zielvorgaben)

	2013	2020			2030		
		Energiekonzept	Szenario GROKO-II	Szenario 100-II	Energiekonzept	Szenario GROKO-II	Szenario 100-II
CO2-Emissionen							
CO2-Emissionen (Energie und Industrieprozesse); Mio. t CO2/a	834	625	742	627	468	635	419
Reduktion bez. auf 1990; (%)	-20,0	-40,0	-28,8	-39,8	-55,0	-39,0	-59,8
Effizienzsteigerung							
Primärenergieverbrauch (PJ/a)	13908	11500	13047	12021	10065	11641	9799
Bruttoendenergieverbr. (PJ/a)*	9567	(8100)	9278	8455	(7550)	8770	7310
Bruttostromverbrauch (TWh/a)	600	557	599	577	525**)	596	601
Endenergie Verkehr (PJ/a)	2606	2315	2569	2280	2055	2442	2005
Raumwärme + WW (PJ/a)	3180	2600	2998	2750	2000	2763	2280
EE-Zubau							
EE-Endenergie (PJ/a)	1145	1460	1474	1667	2265	1821	2482
Anteil an Bruttoendverbr. (%)	12,0	18,0	15,9	19,7	30,0	20,8	34
EE-Strom (TWh/a)	153	195	230	249	263**)	310	405
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	25,4	35,0	38,4	43,3	50,0	52,1	67,3
EE-Wärme (PJ/a)	478		509	614		497	845
Anteil an Wärmeverbrauch (%)	9,8		11,0	14,6		11,5	25,1
Kraft-Wärme-Kopplung							
KWK- Strom, TWh/a	95	139	104	114		112	138
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	15,1	25,0	16,8	19,2		18,9	23,0

*) Bruttoendenergieverbrauch = 1,037 x Endenergieverbrauch
 **) ohne Berücksichtigung neuer Einsatzfelder für EE-Strom (Elektromobilität, neue Wärmenutzung sowie EE-Wasserstoff bzw. EE-Methanbereitstellung)
 () aus Zielvorgaben abgeleitete Werte

Bilanzen; 13.05.2014

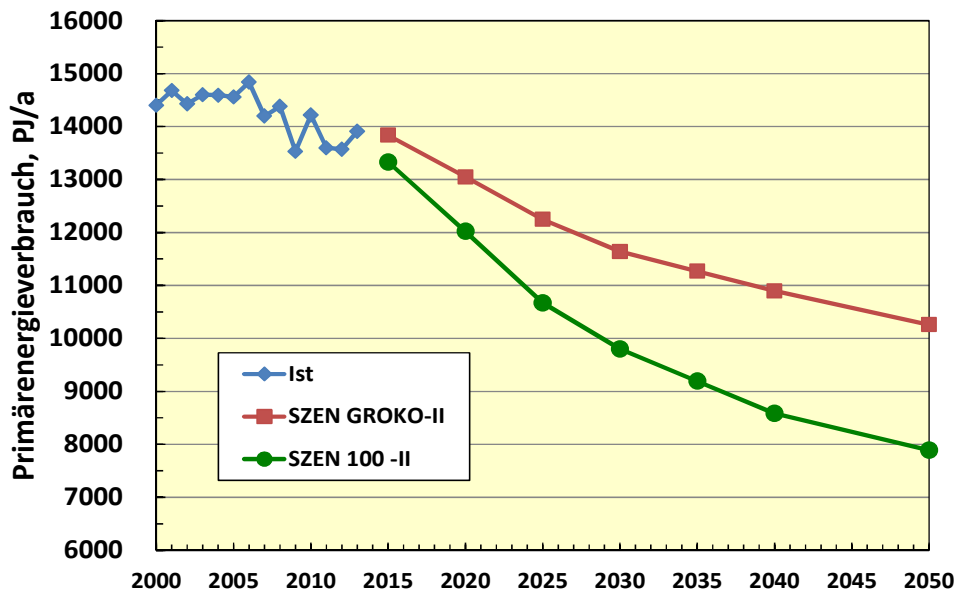


Abbildung 8: Primärenergieverbrauch in den Szenarien im Vergleich zur Entwicklung im Zeitraum 2000 – 2013; (zur besseren Darstellung ist der Nullpunkt der Ordinate unterdrückt)

(Zielwert – 20% gegenüber 2008). Bis 2020 könnte der Stromverbrauch günstigstenfalls um rund 4% sinken (Szenario 100-II), der Raumwärmebedarf (einschließlich Warmwasser) um 13%.

Dies würde aber unverzügliche und wirksame Maßnahmen, z.B. bei der Förderung der energetischen Gebäudesanierung erfordern. Auf die Entwicklung des Wärmeverbrauchs und seiner Deckung wird im Abschnitt 7 noch näher eingegangen.

5.2 Entwicklung des Zubaus erneuerbarer Energien

Alle EE-Zubauziele des Energiekonzepts und der Koalitionsvereinbarung sind relative Ziele (bis auf den Ausbauwert für Wind-Offshore). Da dort von relativ ehrgeizigen Energieverbrauchszielen ausgegangen wurde, sind auch die angestrebten EE-Mengen für das Jahr 2020 mit 1460 PJ/a (18%) für die gesamte EE-Endenergie und 195 TWh/a (mindestens 35%) für EE-Strom entsprechend gering (Tab. 3). Im Koalitionsvereinbarung sind keine Angaben zur Höhe des gesamten EE-Endenergieverbrauchs im Jahr 2020 enthalten, die Bundesregierung ist jedoch gegenüber der EU verpflichtet, mindestens einen 18%igen EE-Beitrag am Bruttoendenergieverbrauch in 2020 zu erreichen. Da, wie oben ausgeführt, die angestrebten Verbrauchsreduktionen bei weitem nicht erreicht werden, wird bei der sich abzeichnenden Entwicklung des EE-Zubaus dieses Ziel verfehlt. Der im Szenario GROKO-II ermittelte EE-Endenergiebeitrag in Höhe von 1474 PJ/a entspricht nur 15,9% des vermutlichen Bruttoendenergieverbrauchs im Jahr 2020 (rund 9 280 PJ/a). Für einen 18%igen Anteil ist bei diesem Bruttoendenergieverbrauch aber ein EE-Beitrag von **1670 PJ/a** erforderlich³. Dieser Beitrag ist aber nur unter den Bedingungen des Szenario 100-II erreichbar, welches von einem sich weiter beschleunigenden Zubau von EE-Anlagen sowohl im Strom- wie im Wärmesektor ausgeht.

Die Mindest-Zubauziele bei EE-Strom für 2020 und 2030 werden im Szenario GROKO-II infolge der Anpassung der Ausbaugrenze für Wind-Onshore im EEG-Gesetzentwurf erreicht. Voraussetzung ist, dass die übrigen Randbedingungen des neuen EEG eine volle Ausschöpfung des dazu erforderlichen Brutto-Zubaus in Höhe von 3200 – 3500 MW/a (vgl. Abbildung 1) auch tatsächlich erlauben. Mit 230 TWh/a in 2020 (= 38,4%), 274 TWh/a in 2025 (= 45,8%) und 310 TWh/a in 2030 (= 52,1%) liegen die Werte an der Obergrenze des angestrebten Ausbaukorridors. Allerdings zeigen die Ausbauwerte für das Szenario 100-II mit 250 TWh/a in 2020 (= 43,3%) und gut 405 TWh/a in 2030 (= 67%), was bei günstigeren Rahmenbedingungen möglich wäre – und unter Klimaschutzgesichtspunkten eigentlich auch erforderlich ist.

Ein deutlich anderes Bild bietet der EE-Ausbau im Wärmesektor. Träger des bisherigen Wachstums war die Biomasse und dort in den letzten Jahren insbesondere der Zuwachs an KWK-Wärme infolge des deutlichen Wachstums der KWK mittels fester, gasförmiger und flüssiger Biomasse. Dieser Zuwachs fällt in Zukunft weg, der Beitrag der Biomasse zur Deckung des Wärmebedarfs ist mittelfristig sogar rückläufig und kann durch Zuwächse bei Solarkollektoren, Wärmepumpen und hydrothermale Wärme nicht völlig kompensiert werden.

³ Im NREAP für die EU wird für 2020 von einem EE-Beitrag zur Endenergie von insgesamt 1615 PJ/a ausgegangen, was bei dem im NREAP unterstellten Effizienzsteigerungen einem Anteil von 19,6% entsprechen würde.

Demzufolge wächst im Szenario GROKO-II der Beitrag der EE-Wärme bis 2020 nur noch gering auf 509 PJ/a, was dann einem Anteil von 11% entspricht. Ohne diese Blockade könnte der Beitrag von EE-Wärme in 2020 gut 100 PJ/a höher ausfallen (Szenario 100-II) und somit einen Anteil von 14,5% erreichen. Hält die Blockade des Biomasseausbaus bis 2030 an, so wird die EE-Wärme leicht rückläufig sein und bei rund 11% Anteil verharren. In deutlichem Gegensatz dazu steht der mögliche weitere dynamische Ausbau im Szenario 100-II mit einem Beitrag von 845 PJ/a im Jahr 2030, was einem Anteil von 25 % am gesamten Wärmebedarf entspricht (vgl. Tabelle 4).

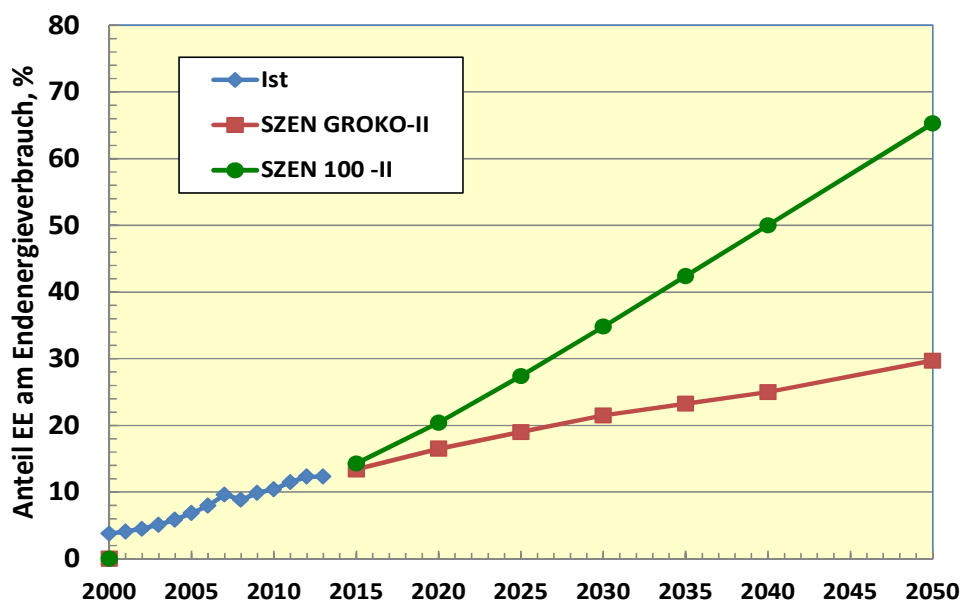


Abbildung 9: Bisheriges Wachstum des EE-Anteils am Endenergieverbrauch und zukünftige Entwicklung in den Szenarien GROKO-II und 100-II

Das geringe bis rückläufige Wachstum der EE im Wärmesektor und ebenfalls im Verkehr (2013: 118 PJ/a; Szenario GROKO II in 2020: 160 PJ/a bzw. 6,5%) führt zu dem unzulänglichen Gesamtbeitrag von EE an der gesamten Endenergie im Szenario GROKO-II. Der zeitliche Verlauf des EE-Anteils am zukünftigen Endenergieverbrauch⁴ macht **Abbildung 9** deutlich.

Eine länge anhaltende Fortsetzung des restriktiven Kurses gemäß Szenario GROKO-II bei gleichzeitig nur mäßigen Effizienzerfolgen würde bis 2050 lediglich zu einem EE-Anteil von rund 30% führen (Endenergieverbrauch gesamt = 7500 PJ/a). Der EE-Beitrag würde sich gegenüber heute (1145 PJ/a) lediglich auf 2224 PJ/a verdoppeln. Dies würde unter Klima- und Ressourcenschutzgesichtspunkten ein Scheitern der Energiewende bedeuten.

Eine erfolgreiche Energiewende verlangt eine EE-Entwicklung gemäß Szenario 100-II. Nur so kann die unter Klimaschutzgesichtspunkten erforderliche Dominanz der EE als Energiequelle erreicht werden. Im Szenario 100-II steigt der EE-Anteil an der Endenergie auf 20,4% in 2020 (1667 PJ/a), auf 35,2% in 2030 (2482 PJ/a) und auf 66% in 2050 (3694). In der Wei-

⁴ Für den EE-Anteil von 18% nach dem NREAP ist der Bruttoendenergieverbrauch maßgebend. Näherungsweise ergibt sich dieser Wert aus der gesamten Endenergie durch Multiplikation mit dem Faktor 1,037 [NREAP 2011]. Der in 2020 nach EU-Vorgaben zu erreichende Zielwert von 18% entspricht, bezogen auf die Endenergie, 18,7%.

terführung wird im Jahr 2060 mit 4260 PJ/a ein Anteil von 86% am reduzierten Endenergieverbrauch des Szenarios (4970 PJ/a) erreicht. Obwohl der Beitrag von EE-Strom an der EE-Endenergie dominiert ist im langfristigen Kontext der Energiewende auch die Entwicklung des EE-Wärmesektors von erheblicher Bedeutung, da nur bei einer deutlichen Steigerung seiner Wachstumsdynamik seine längerfristig erforderliche Entwicklung gewährleistet sein wird, welche in Verbindung mit einer erfolgreichen Effizienzstrategie den erforderlichen Beitrag des Wärmesektors zur Einhaltung des Klimaschutzziels des Energiekonzepts gewährleistet.

Ein Festhalten am jetzigen Zielkorridor für EE-Biomasse im EEG-Gesetzentwurf führt vor diesem Hintergrund auch zu einem Abbremsen der bereits heute unzulänglichen Zubaudynamik im Wärmesektor. Damit verringern sich die Chancen, um die Jahrhundertmitte eine weitgehend emissionsfreie Energieversorgung zu schaffen, erheblich. Politisches Ziel muss daher sein, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass sich weitere und anhaltende Wachstumsimpulse einstellen, um die notwendige Transformation der Energieversorgung auf längere Sicht zu stabilisieren. Das Szenario 100-II bietet dafür die geeigneten Zielwerte. Damit hätte die EE-Branche auch bessere Chancen, sich an den wachsenden Weltmärkten für EE-Technologien erfolgreicher zu behaupten.

5.3. Wirkung der Szenarien auf die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen

Um die angestrebten erheblichen Reduktionen der Treibhausgas- bzw. CO₂-Emissionen zu erreichen ist das konzertierte Zusammenwirken von Effizienzsteigerungen und EE-Ausbau erforderlich. Bereits in (BMU 2012) wurde gezeigt, dass beide Strategien von ähnlicher Bedeutung sind für eine substantielle Verminderung der Emissionen. Während im Stromsektor der Ersatz fossiler Kraftwerke durch EE-Strom bei der Emissionsminderung dominiert, sind im Wärmesektor und im Verkehr deutliche Effizienzsteigerungen von überragender Bedeutung.

Im Koalitionspapier sind die Treibhausgasreduktionsziele des Energiekonzepts 2011 unverändert beibehalten worden. Für 2020 wird eine Reduktion von 40% (bezogen auf 1990 mit 1042 Mio. t CO₂/a) angestrebt, für 2030 von 55% (**Abbildung 10**) und bis 2050 soll eine Minderung um 80 bis 95% erreicht werden. Die ehrgeizigen Klimaschutzziele werden nur erreicht, wenn der bisherige Minderungstrend deutlich verstärkt wird.

Die CO₂-Emissionen sind aber gegen den langjährigen Trend in den letzten zwei Jahren wieder gestiegen, weil aufgrund sehr niedriger CO₂-Preise die Stromproduktion aus Stein- und Braunkohle zugenommen hat, während die Strommenge aus Gas zurückging. Die CO₂-Emissionen der Stromproduktion liegen in 2013 mit 319 Mio. t/a wieder auf dem Niveau des Jahres 2000 (UBA 2013).

Das Szenario GROKO-II verfehlt die geltenden Klimaschutzziele deutlich. Insbesondere ist dies dem geringen Mobilisierungsgrad von Effizienzpotenzialen geschuldet, aber auch das gebremste Wachstum von EE-Strom und die drohende Stagnation des EE-Wärmesektors tragen dazu bei. Auch beim CO₂-Emissionshandel ist mit den angekündigten Maßnahmen keine durchschlagende Wirkung bei den CO₂-Preisen zu erwarten, so dass von dieser Seite ebenfalls keine Impulse zu erwarten sind. **In 2020** liegt die Minderung der CO₂-Emissionen (Abbildung 10) im Szenario GROKO-II nur **bei 29%** und in 2030 bei 39 %. Setzt sich dieser

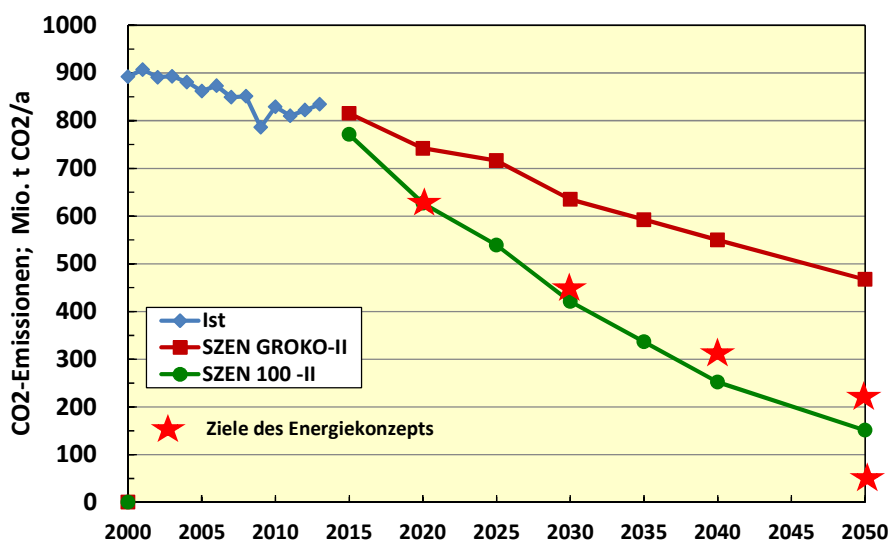


Abbildung 10: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen (einschl. Industrieprozesse) bis 2013 und Reduktionspfade in den Szenarien GROKO-II und 100-II

Trend auch längerfristig fort, wie im Szenario GROKO-II angenommen, wird in 2050 lediglich eine Minderung von rund 55% erzielt. Im Mittel setzt das Szenario GROKO ungefähr den Minderungstrend des Zeitraums 2000 bis 2011 fort, der für die im Koalitionspapier gesetzten Klimaschutzziele nicht ausreicht. Das Szenario 100-II ist als zielorientiertes Szenario so angelegt, dass die angestrebten CO₂-Minderungsziele sicher erreicht werden. Das ist in 2020 mit einer Minderung von 40% und in 2030 von 60% der Fall. In 2050 beträgt die erreichte Minderung 86% und in 2060 erreicht das Szenario eine Minderung von 95%. Wenn die Klimaschutzziele energiepolitisch ernsthaft verwirklicht werden sollen, muss also der energiepolitische Maßnahmenkatalog so gestaltet werden, dass die Transformationsdynamik des Szenarios 100-II erreicht wird.

Tabelle 5 zeigt die CO₂-Minderungsbeiträge getrennt nach dem Beitrag der EE und der Energieeffizienz. Die bisherige Minderung in Höhe von 208 Mio. t/a ist überwiegend auf den Ausbau der EE im Stromsektor zurückzuführen (108 Mio. t/a), 35 Mio. t/a stammen von der EE-Wärme und 7 Mio. t/a von Biokraftstoffen [BMW 2014a]. Noch relativ wenig Wirkung zeigte bisher die Effizienzsteigerung. Die zukünftigen Werte für das Szenario 100-II zeigen die Bedeutung einer deutlich wirksameren Effizienzsteigerung.

Tabelle 5: Verminderung der CO₂-Emissionen seit 1990, aufgeteilt auf den Beitrag der EE und den Beitrag der Effizienzsteigerung (EFF); sowie verbleibende CO₂-Emissionen

Mio. t CO ₂ /a	2013	2020		2030		2050	
		100	GROKO	100	GROKO	100	GROKO
Minderung durch EE	150	215	191	299	221	436	252
Minderung durch EFF	58	200	109	324	186	457	323
Gesamt-minderung	208	415	300	623	407	893	575
Verbleib. Emissionen	834	627	742	419	635	149	467
Verring. seit 1990 (%)	20,0	39,8	28,8	59,8	39,0	85,7	55,2

Sie muss innerhalb des nächsten Jahrzehnts eine ähnliche Wirkung erreichen, wie die CO₂-Minderung durch den Ausbau der EE. Ohne diesen wesentlichen Beitrag der Effizienzsteigerung sind die Klimaschutzziele kaum erreichbar. Da zudem die umfassende Mobilisierung der vielfach sehr kostengünstigen Effizienzpotentiale von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung ist, besteht ein beträchtlicher und nicht aufschiebbarer energiepolitischer Handlungsbedarf zu ihrer raschen und wirksamen Erschließung (vgl. auch Abschnitt 9).

6. Wesentliche Ergebnisse der Szenarien GROKO-II und 100-II.

Die wesentlichen Ergebnisse zur Entwicklung des Energiebedarfs, seiner Deckung und zur Struktur der Nutzungsbereiche Strom, Wärme und Kraftstoffe zeigen für das Szenario GROKO-II und das Szenario 100-II die folgenden Tabellen 6 und 7. Im **Szenario GROKO-II (Tabelle 6)** sinkt der Primärenergieverbrauch bis 2020 um 9% (Bezugswert ist jeweils der Verbrauch 2008 entsprechend Energiekonzept 2011), also deutlich geringer als in der ursprünglichen Zielsetzung. Infolge des Anwachsens des Primärenergiebeitrags der EE auf 1992 PJ/a, (2013 = 1605 PJ/a), sinkt der fossile Anteil am Primärenergieverbrauch stärker und zwar um 11% (**Abbildung 11**). Das Szenario GROKO-II setzt bereits voraus, dass der seit 2010 erkennbare Trend zu einem verstärkten Kohleeinsatz in den nächsten Jahren wieder umgekehrt werden kann. Wegen der mäßigen Transformationsdynamik des Szenarios GROKO-II sinkt der fossile Primärenergieeinsatz in den nächsten Jahrzehnten nur langsam. Im Jahr 2030 werden noch 80% des Primärenergiebedarfs fossil gedeckt (2013: 81%; Kernenergie 7,5%), selbst zur Jahrhundertmitte würden sie mit 70% immer noch den dominierenden Anteil stellen. Entsprechend können die CO₂-Emissionen bis 2050 mit 467 Mio. t/a gegenüber 2008 nicht einmal halbiert werden (gegenüber 1990 um 45% reduziert).

Der Endenergieverbrauch des Szenarios GROKO-II sinkt bis 2020 gegenüber 2013 um 4% mit unterschiedlichen Gradienten in den Verbrauchssektoren. Beim Stromverbrauch sind es nur 1,2%, beim Kraftstoffverbrauch 3% und beim Wärmeverbrauch 5%. Der EE-Anteil am (Brutto-) Endenergieverbrauch erreicht 15,9%, erfüllt also nicht die Verpflichtung, die die Bundesregierung gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG für das Jahr 2020 eingegangen ist. Die EE-Anteile an den einzelnen Verbrauchssektoren erreichen Werte von 44,1% bezogen auf die Strom-Endenergie (bzw. 38,4% bez. auf den Bruttostromverbrauch), von 11% beim Wärmeverbrauch (bezogen auf Brennstoffe, d.h. ohne Strom für Wärmezwecke) und von 6,5% beim Kraftstoffverbrauch (ebenfalls ohne Stromeinsatz im Verkehr). Perspektivisch decken die EE in 2050 erst 30% des Endenergieverbrauchs, der dann auch nur um 18% geringer ist als im Jahr 2008.

Mit den Angaben in **Tabelle 7** (Szenario 100-II) wird der Entwicklung im Szenario GROKO-II ein Szenario gegenübergestellt, welches darlegt auf welche Weise der Transformationsprozess des Energiesystems in den nächsten 15 -20 Jahren mindestens verlaufen müsste, wenn der Energiepolitik daran gelegen ist, ihre ursprünglich gesetzten Ziele, insbesondere das Hauptziel zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, tatsächlich zu erreichen. Aus heutiger Sicht kann das Oberziel der Effizienzsteigerung einer 20%igen Reduktion des Primärenergieverbrauchs bis 2020 nicht erreicht werden. Im Szenario 100-II sinkt er um 16,5% (**Abbildung 12**), was bereits eine relativ optimistische Annahme ist. Ein weiterhin dynamisches Wachstum des EE-Beitrags zur Primärenergie auf 2266 PJ/a (Anteil=18,9%) und eine raschere Mobilisierung von Effizienzpotenzialen im Vergleich zum Szenario GROKO-II lassen den Beitrag fossiler Primärenergie wirksam sinken.

Tabelle 6: Eckdaten des Szenario GROKO-II; insbesondere EE-Anteile an den Verbrauchssektoren Strom, Wärme und Kraftstoffe

	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Primärenergie, PJ/a	14380	14217	13908	13834	13047	12246	11641	10896	10258	9720
Primärenergie EE, PJ/a; 1)	1147	1413	1605	1747	1992	2142	2329	2510	2823	3118
Anteil EE an PEV, %	8,0	9,9	11,5	12,6	15,3	17,5	20,0	23,0	27,5	32,1
Anteil EE an PEV ohne nicht-energetischen Verbrauch, %	8,6	10,7	12,5	13,6	16,6	19,0	21,9	25,3	30,4	35,6
Endenergie, PJ/a	9159	9310	9288	9190	8947	8713	8457	7962	7499	7077
Endenergie EE, PJ/a	807	969	1145	1230	1474	1659	1821	1991	2224	2432
Anteil EE an EEV, %	8,8	10,4	12,3	13,4	16,5	19,0	21,5	25,0	29,7	34,4
Anteil EE an BEEV, %; 2)	8,5	10,0	11,9	12,9	15,9	18,4	20,8	24,1	28,6	33,1
Strom Endenergie, PJ/a	1887	1899	1847	1840	1825	1829	1832	1850	1879	1908
Strom Endenergie EE, PJ/a	336	377	549	609	805	953	1074	1127	1212	1281
Anteil EE, %	17,8	19,9	29,8	33,1	44,1	52,1	58,6	60,9	64,5	67,1
Wärme Endenergie, PJ/a; 3)	4759	4911	4897	4815	4642	4473	4324	4046	3838	3649
Wärme Endenergie EE, PJ/a	339	464	478	491	509	506	497	534	583	628
Anteil EE, %	7,1	9,4	9,8	10,2	11,0	11,3	11,5	13,2	15,2	17,2
Kraftstoffe Endenergie, PJ/a; 4)	2513	2500	2545	2536	2480	2411	2300	2065	1782	1520
Kraftstoffe Endenergie EE, PJ/a	132	128	118	130	160	200	250	330	430	524
Anteil EE, %	5,3	5,1	4,6	5,1	6,5	8,3	10,9	16,0	24,1	34,4
Bruttostromverbrauch, TWh/a; 5)	618	615	600	600	599	598	596	628	677	745
EE-Stromerzeugung, TWh/a; 6)	93	105	153	172	230	274	310	358	434	524
Anteil EE, %	15,1	17,0	25,4	28,7	38,4	45,8	52,1	57,0	64,2	70,4
Anteil EE- Inland, %	15,1	17,0	25,4	28,7	38,4	45,6	51,1	51,9	53,3	53,9
Primärenergie, PJ/a	14380	14217	13908	13834	13047	12246	11641	10896	10258	9720
Erneuerbare Energien	1147	1413	1605	1747	1992	2142	2329	2510	2823	3118
Mineralöl	4905	4684	4636	4676	4411	4145	3934	3355	2826	2391
Kohlen 7)	3483	3416	3502	3274	2770	2669	2072	1651	1230	904
Erdgas	3222	3171	3106	3133	3144	3290	3307	3379	3379	3307
Fossile Energien gesamt	11610	11271	11244	11083	10324	10104	9312	8386	7435	6602
- davon für energetische Zwecke	10598	10237	10244	10103	9354	9144	8362	7446	6505	5682
Kernenergie	1623	1533	1059	1004	731	0	0	0	0	0
CO₂-Emissionen, Mio. t CO₂/a	851	829	834	815	742	716	635	550	467	396
Verringerung seit 1990, %; 8)	18,3	20,5	20,0	21,8	28,8	31,2	39,0	47,2	55,2	62,0
durch EE vermiedene CO ₂ -Emissionen, Mio. t CO ₂ /a	109	110	150	163	194	210	221	232	252	276
THG-Emissionen, Mio. t CO₂äq/a; 9)	995	962	965	938	857	824	734	630	526	440
Verringerung seit 1990, %	18,6	21,3	21,1	23,2	29,9	32,5	39,9	48,5	57,0	64,0

1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode ; einschließlich nichtenergetischen Verbrauch SZEN-GROKO-II; 012.05.14

2) Bruttoendenergieverbrauch (BEEV) = Endenergie zuzügl. Netzverluste und Eigenverbrauch von Wärme und Strom in Kraftwerken

3) nur Brennstoffe, d.h. ohne Strominsatz für Wärmebereitstellung

4) Kraftstoffe für gesamten Verkehr, ohne Strominsatz

5) einschließlich Strom aus Pumpspeichern; einschl. Strom für EE-Wasserstoff

6) einschl. EE-Strom aus EE-Wasserstoff (ab ca. 2030)

7) einschl. sonstige fossile Brennstoffe (u.a. Kohlegase), einschl. fossil/nuklearem Stromimportsaldo

8) 1990 = 1042 Mio. t CO₂/a (energiebedingte Emissionen + Industrieprozesse + Lösungsmittel)

9) einschl. Landnutzungsänderung (LULUCF; 1990 = 1222 Mio. t CO₂eq/a)

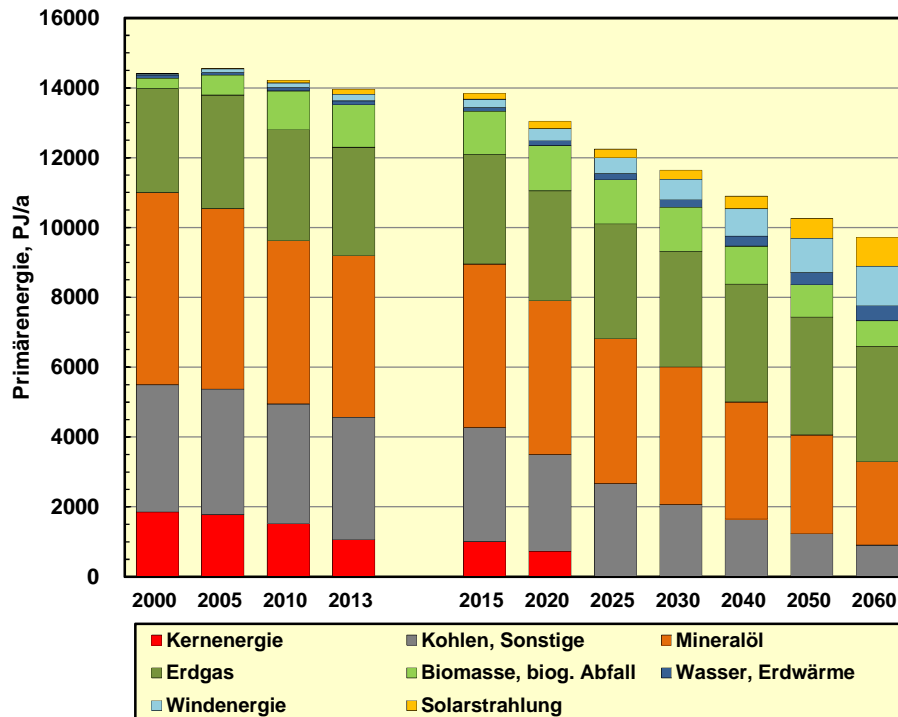


Abbildung 11: Struktur des Primärenergieverbrauchs im Szenario GROKO-II

Im Jahr 2030 werden mit 6650 PJ/a rund 33% weniger fossile Energieträger benötigt als 2008. Dies macht deutlich, dass die ursprüngliche Energiewende-Strategie ein wirksamer Weg ist, die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen bereits kurzfristig deutlich zu verringern.

Wird die Dynamik des Szenarios 100-II über mehrere Jahrzehnte aufrechterhalten, was bei einer weitsichtigen Energiepolitik möglich ist, kann eine nachhaltige Energieversorgung bis zur Jahrhundertmitte erreicht werden. Im Jahr 2030 sind in diesem Szenario zwei Drittel und zur Jahrhundertmitte nur noch 40% des Primärenergieverbrauchs fossil. Gleichzeitig tritt bei sinkendem Absolutbedarf eine deutliche Verschiebung zu Erdgas ein, so dass die CO₂-Emissionen mit nur noch 149 Mio. t CO₂/a auf 18% des Niveaus von 2013 (14,3% von 1990) gesunken sind. Das Szenario 100-II erreicht bei weiterer Fortschreibung bis 2060 mit einer CO₂-Emission in Höhe von 56 Mio. t CO₂/a eine nahezu emissionsfreie Energieversorgung (Abbildung 12). Im Jahr 2060 werden noch 1800 PJ/a fossile Energieträger eingesetzt (16% der heutigen Menge), wovon rund 50% nichtenergetisch verwendet werden.

Der Endenergieverbrauch kann sich bei dem im Szenario unterstellten raschen und wirksamen Effizienzreizen bis 2020 um 12% reduzieren, davon bei Strom um 5%, bei Wärme und bei Kraftstoffen um 14%. Der Brutto-Endenergieanteil der EE beträgt 19,7% liegt also sicher über dem Pflichtanteil von 18%. Damit könnte Deutschland wieder eine glaubwürdige Vorbildfunktion für einen wirksamen Umbau der Energieversorgung in der EU einnehmen. Die EE-Anteile am Stromverbrauch erreichen 49,9% (am Bruttostromverbrauch 43,3%), am Wärmeverbrauch von 14,6% und am Kraftstoffverbrauch von 8,2%. Je stabiler die bis 2020 geschaffene Dynamik ist, desto sicherer und glaubwürdiger kann diese auch über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden. Im Szenario 100-II gelingt damit eine Steigerung des EE-Anteils bis 2050 auf 64% des Bruttoendenergieverbrauchs, damit dominieren

die EE die Energiebedarfsdeckung. Gleichzeitig ist der Endenergieverbrauch um 39% gegenüber 2008 gesunken.

Tabelle 7: Eckdaten des SZENARIO 100-II; insbesondere EE-Anteile an den Verbrauchssektoren Strom, Wärme und Kraftstoffe

	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Primärenergie, PJ/a	14380	14217	13908	13331	12021	10673	9799	8580	7896	7355
Primärenergie EE, PJ/a; 1)	1147	1413	1605	1785	2266	2685	3154	3976	4696	5536
Anteil EE an PEV, %	8,0	9,9	11,5	13,4	18,9	25,2	32,2	46,3	59,5	75,3
Anteil EE an PEV ohne nicht-energetischen Verbrauch, %	8,6	10,7	12,5	14,5	20,6	27,8	35,8	52,3	67,8	86,6
Endenergie, PJ/a	9159	9310	9288	8753	8154	7572	7048	6296	5593	4970
Endenergie EE, PJ/a	807	969	1145	1254	1667	2091	2482	3196	3694	4260
Anteil EE an EEV, %	8,8	10,4	12,3	14,3	20,4	27,6	35,2	50,8	66,0	85,7
Anteil EE an BEEV, %; 2)	8,5	10,0	11,9	13,8	19,7	26,6	34,0	48,9	63,7	82,7
Strom Endenergie, PJ/a	1887	1899	1847	1818	1750	1742	1814	1962	2066	2189
Strom Endenergie EE, PJ/a	336	377	549	619	873	1138	1364	1772	1935	2143
Anteil EE, %	17,8	19,9	29,7	34,0	49,9	65,3	75,2	90,3	93,6	97,9
Wärme Endenergie, PJ/a; 3)	4759	4911	4896	4560	4205	3781	3359	2728	2219	1764
Wärme Endenergie EE, PJ/a	339	464	478	505	614	733	845	1052	1175	1316
Anteil EE, %	7,1	9,4	9,8	11,1	14,6	19,4	25,1	38,6	53,0	74,6
Kraftstoffe Endenergie, PJ/a; 4)	2513	2500	2545	2375	2198	2048	1875	1606	1307	1017
Kraftstoffe Endenergie EE, PJ/a	132	128	118	130	180	220	273	371	584	800
Anteil EE, %	5,3	5,1	4,6	5,5	8,2	10,7	14,6	23,1	44,7	78,6
Bruttostromverbrauch, TWh/a; 5)	618	615	600	594	577	573	601	695	855	1045
EE-Stromerzeugung, TWh/a; 6)	93	105	153	175	249	327	405	580	770	1000
Anteil EE, %	15,1	17,0	25,4	29,5	43,3	57,1	67,3	83,4	90,0	95,7
Anteil EE- Inland, %	15,1	17,0	25,4	29,5	43,2	56,6	64,8	72,6	72,5	71,7
Primärenergie, PJ/a	14380	14217	13908	13331	12021	10673	9799	8580	7896	7355
Erneuerbare Energien	1147	1413	1605	1785	2266	2685	3154	3976	4696	5536
Mineralöl	4905	4684	4634	4502	3897	3412	2856	2195	1586	1062
Kohlen; 7)	3483	3416	3502	3062	2146	1750	1112	300	119	31
Erdgas	3222	3171	3106	2978	2981	2826	2677	2109	1495	725
Fossile Energien gesamt	11610	11271	11242	10542	9024	7988	6645	4604	3200	1819
- davon für energetische Zwecke	10598	10237	10242	9562	8054	7028	5695	3664	2270	899
Kernenergie	1623	1533	1061	1004	731	0	0	0	0	0
CO2-Emissionen, Mio. t CO2/a	851	829	834	771	627	538	419	249	149	56
Verringerung seit 1990, %; 8)	18,3	20,5	20,0	26,0	39,8	48,4	59,8	76,1	85,7	94,7
durch EE vermiedene CO2-Emissionen, Mio. t CO2/a	109	110	150	163	215	261	299	378	437	504
THG-Emissionen, Mio. t CO2äq/a; 9)	995	962	965	894	742	646	518	329	208	100
Verringerung seit 1990, %	18,6	21,3	21,1	26,8	39,3	47,2	57,6	73,1	83,0	91,8
1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode ; einschließlich nichtenergetischen Verbrauch							SZEN-100-II; 10.07.14			
2) Bruttoendenergieverbrauch (BEEV) = Endenergie zuzügl. Netzverluste und Eigenverbrauch von Wärme und Strom in Kraftwerken										
3) nur Brennstoffe, d.h. ohne Stromeinsatz für Wärmebereitstellung										
4) Kraftstoffe für gesamten Verkehr, ohne Stromeinsatz										
5) einschließlich Strom aus Pumpspeichern; einschl. Strom für EE-Wasserstoff										
6) einschl. EE-Strom aus EE-Wasserstoff (ab ca. 2030)										
7) einschl. sonstige fossile Brennstoffe (u.a. Kohlegase), einschl. fossil/nuklearem Stromimportsaldo										
8) 1990 = 1042 Mio. t CO2/a (energiebedingte Emissionen + Industrieprozesse + Lösungsmittel)										
9) einschl. Landnutzungsänderung (LULUCF; 1990 = 1222 Mio. t CO2eq/a)										

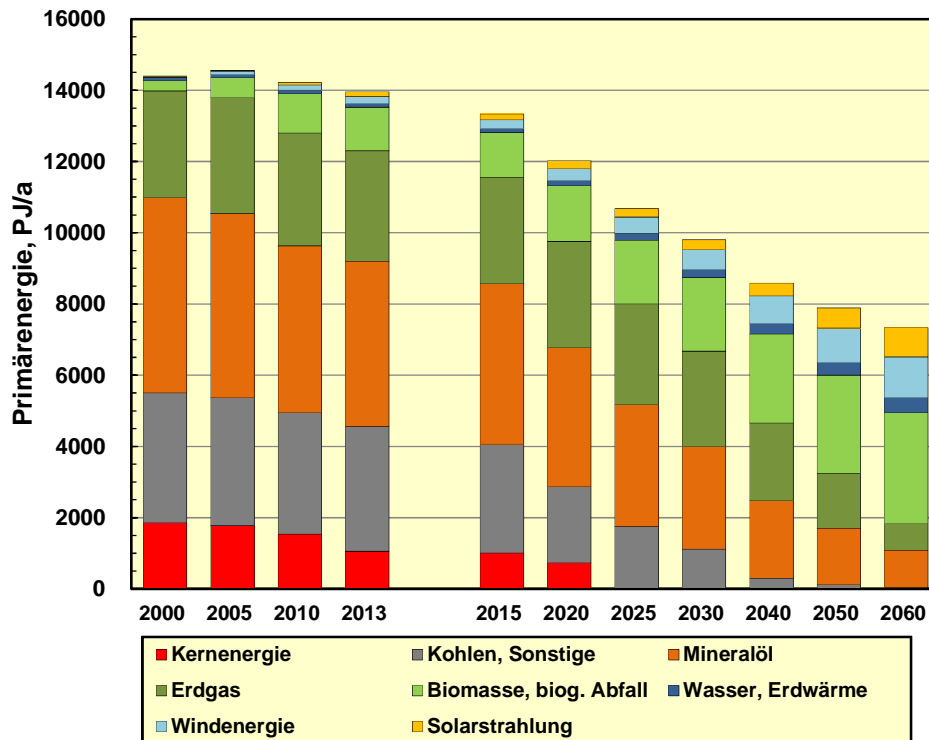


Abbildung 12: Struktur des Primärenergieverbrauchs im Szenario 100-II

Bis 2060 erreicht das Szenario 100-II eine praktisch emissionsfreie Energieversorgung. Es liegt damit hinsichtlich des möglichen Strukturwandels und der zukünftig noch möglichen technischen Innovationen auf der „sicheren“ Seite. Gelingt es, mit einer ehrgeizigen Energiepolitik innerhalb der nächsten 10 -15 Jahre die im Szenario 100-II nachgebildete Transformationsdynamik zu schaffen, so besteht durchaus auch weiterer Spielraum nach „oben“. Unter günstigen Rahmenbedingungen sind nach 2030 auch Entwicklungen umsetzbar, die rascher als hier vorgeschlagen zu einer 100% Versorgung auf der Basis von EE führen können. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass in den nächsten Jahren eindeutige energiepolitische Weichen zugunsten einer unumkehrbaren und stabilen Transformation des Energieversorgungssystems getroffen werden.

Abbildung 13 demonstriert nochmals im Vergleich der Szenarien, wie wichtig eine stetige Stabilität des Abbauprozesses fossiler Energien im Zeitablauf ist und wie die in GROKO-II modellierten geringen Gradienten langfristig zu erheblichen Abweichungen vom Klimaschutzziel führen können. Die Abbildung zeigt auch die Gleichrangigkeit der Effizienzsteigerung und des EE-Ausbaus. U. a. ist die erhebliche Verschärfung der zu erreichenden Emissionsreduktionsziele in der EU, verbunden mit einer deutlichen Anhebung der CO₂-Zertifikatspreise (Nitsch 2013b) dafür unverzichtbar. Die derzeit angekündigten Aktivitäten und Stellungnahmen im Bereich der Energiepolitik deuten aber auf eher zaghafte und nicht allzu wirksame Maßnahmen hin. So befasst sich das Koalitionspapier relativ konkret und detailliert mit Maßnahmen zur Anpassung des EE-Ausbaus im Stromsektor an die bestehende Energieversorgung, was auf eine restriktive Politik gegenüber den EE hinausläuft.

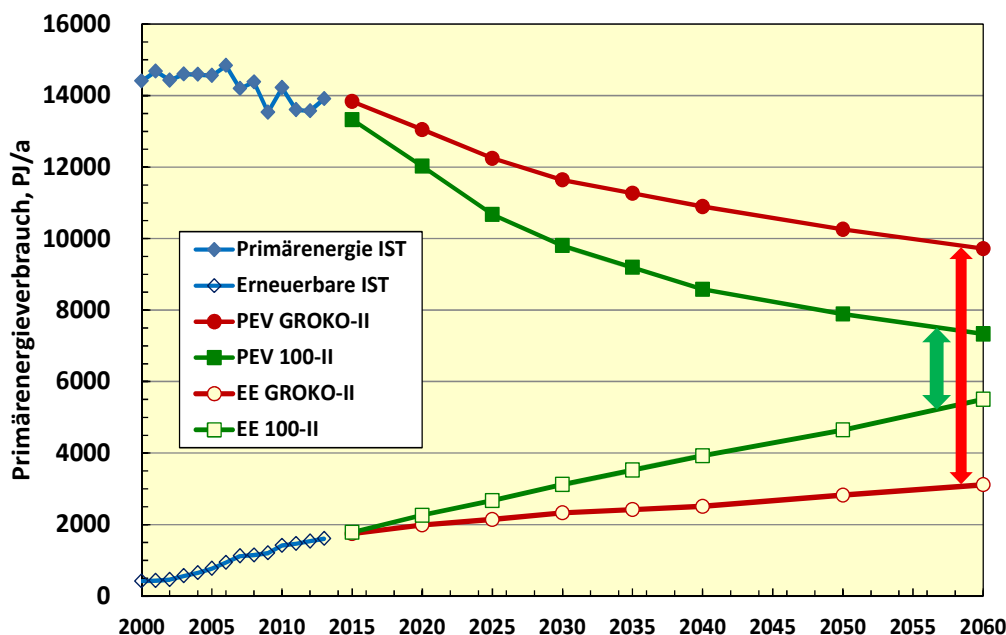


Abbildung 13: Effizienzsteigerung und EE-Ausbau im Vergleich der Szenarien GROKO-II und 100-II.

Große Bereiche, die dringend neue und über die bisherigen Aktivitäten und Maßnahmen hinausgehende Impulse bedürften, wie die breite Mobilisierung aller Effizienzpotenziale, wirksamere Maßnahmen für den EE-Ausbau im Wärmesektor, schnelle Anpassung der fossilen Kraftwerksstruktur an die Erfordernisse der EE (und nicht umgekehrt) und damit verknüpft, deutlich stärkere Anreize für den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sind im Koalitionspapier nur allgemein und unscharf formuliert. Spätestens nach Verabschiedung des EEG-Gesetzes müssen ohne Verzögerung die Absichtserklärungen in diesen Feldern im Sinne wirksamer Maßnahmen zur Umsetzung der Klimaschutzziele zu konkretisieren.

7. Die Entwicklung des Wärmesektors in den Szenarien⁵

7.1 Struktur der Wärmeerzeugung

Mit knapp 5400 PJ/a (2013) werden derzeit rund 58% der Endenergie zur Wärmebereitstellung eingesetzt (**Abbildung 14; Tabelle 8**). Diese Menge hat sich in den letzten Jahren nicht wesentlich verändert. 51% davon (2 765 PJ/a) werden für Raumwärme (einschließlich Klimakälte) benötigt, 8% für Warmwasser und 39% für Prozesswärme. Bei ersterer dominieren private Haushalte mit einem Anteil von 67%, bei letztere die Industrie mit 87%. Berücksichtigt man den für Wärmezwecke eingesetzten Strom (27% des gesamten Stromendenergieverbrauchs) so stammen rund 50% der energiebedingten CO₂-Emissionen aus der Wärmebereitstellung. Daraus ist ersichtlich, dass ohne eine wesentliche Aktivierung von Effizienzpotenzialen und des Zubaus von EE-Anlagen zur Wärmebereitstellung die Energiewende zum Scheitern verurteilt ist.

⁵ Auf eine detaillierte Darstellung des Stromsektors wird hier verzichtet. Gegenüber den Darlegungen in [Nitsch 2014a] vom Februar 2014 hat sich die Struktur und Höhe des EE-Beitrags zur Stromerzeugung geändert; insbesondere wegen der Änderungen bei Wind-Onshore. Die grundsätzlichen Ausführungen und Schlussfolgerungen sind jedoch nach wie vor aktuell. Die aktuellen Stromdaten zu GROKO-II und 100-II findet man im Anhang.

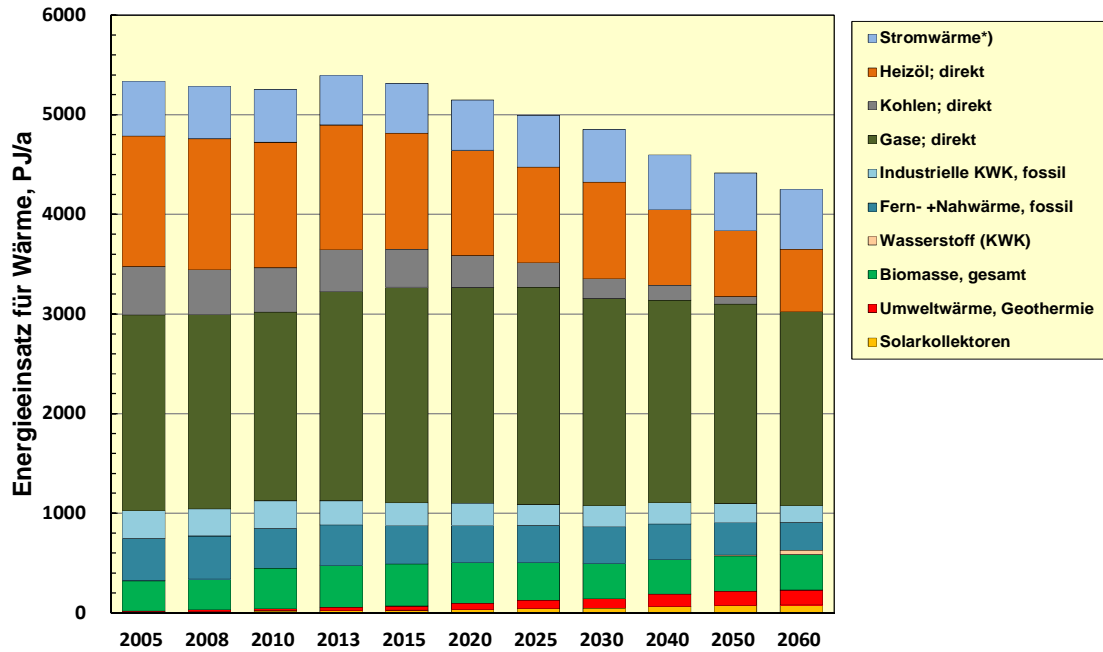


Abbildung 14: Struktur des Energieträgereinsatzes zur Wärmebereitstellung im Szenario GROKO-II (Stromwärme = ges. Stromeinsatz für Raumwärme (direkt und WP); Warmwasser und Prozesswärme in allen Verbrauchssektoren)

Tabelle 8: Struktur des Energieträgereinsatzes zur Wärmebereitstellung im Szenario GROKO-II und Anteil der EE-Wärmebereitstellung

Struktur der Wärmeversorgung, (PJ/a)	Szenario GROKO-II										
	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Solarkollektoren	10	15	20	24	27	35	42	48	65	76	79
Umweltwärme, Geothermie	8	16	25	34	42	60	84	99	124	142	150
Biomasse, gesamt	304	308	401	420	422	414	380	350	345	354	358
Wasserstoff (KWK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	41
Fern- +Nahwärme, fossil	425	434	401	403	384	370	371	366	360	323	279
Industrielle KWK, fossil	281	270	277	245	230	222	211	212	214	194	169
Gase; direkt	1962	1950	1895	2100	2165	2165	2180	2080	2032	2000	1950
Kohlen; direkt	487	450	445	425	380	320	250	200	150	75	0
Heizöl; direkt	1310	1316	1263	1246	1165	1056	956	969	757	664	623
Stromwärme*)	549	542	535	500	501	505	519	528	550	577	600
Gesamte Wärme	5336	5301	5261	5397	5316	5147	4993	4853	4597	4415	4249
2008 = 100		100	99,3	101,8	100,3	97,1	94,2	91,5	86,7	83,3	80,2
Gesamte Wärme ohne Stromwärme	4787	4759	4727	4897	4815	4642	4473	4324	4046	3838	3649
- davon EE	322	339	446	478	491	509	506	497	534	583	628
Anteil EE (%)	6,7	7,1	9,4	9,8	10,2	11,0	11,3	11,5	13,2	15,2	17,2
KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geoth.)	664	681	717	704	689	693	676	667	656	620	585
Anteil an ges. Wärme, (%)	12,5	12,9	13,6	13,0	13,0	13,5	13,5	13,7	14,3	14,0	13,8

SZEN-GROKO-II ; 12.05.14

*) Summe aller Einsatzarten von Strom zur Raumwärme-, Warmwasser- und Prozeswärmebereitstellung

Derzeit dominiert mit 62 % der Direkteinsatz von Gas und Heizöl in Einzelfeuerstätten, KWK-Wärme (öffentlich und industriell) folgt mit 13% Anteil, der Stromanteil beträgt 9%. Die gesamte EE-Wärme hat ebenfalls einen Anteil von knapp 9% (Tabelle 8; dort bezogen auf Wärme ohne Stromanteil: 9,8%). Davon deckt Biomasse mit 420 PJ/a den weitaus größten Anteil mit 88%. Solare Wärme, Wärmepumpen (Umweltwärme, Erdwärme) und Geothermie decken also vom gesamten Wärmebedarf derzeit lediglich 1,1%.

Gemäß den oben erläuterten Annahmen für das Szenario GROKO-II, die nur wenig über die bisherige Trendentwicklung hinausgehen, sinkt der Wärmebedarf, bezogen auf 2008, nur langsam um -3% bis 2020 und um -8% bis 2030. Auch längerfristig werden mit -14% in 2050 die Potenziale der Energieverbrauchsverringerung im Wärmesektor bei weitem nicht ausgeschöpft. Auch die Bereitstellungsstruktur ändert sich nur geringfügig. Zur Jahrhundertmitte dominiert immer noch Erdgas und Heizöl mit 60% in Einzelversorgungen. Der Strombeitrag ist mit 13% leicht gestiegen. Der EE-Wärmeausbau zeigt wenig Dynamik. Biomassewärme stagniert und geht mittelfristig zurück. Das nicht unerhebliche Wachstum von Solarwärme, Umweltwärme und Geothermie kann diesen Rückgang nur geringfügig kompensieren. Daher steigt die EE-Wärmemenge nur langsam um insgesamt 150 PJ. Ihr Anteil an der Deckung des gesamten Wärmebedarfs geht auch langfristig nicht über 17% hinaus (Tabelle 8; Abbildung 14). Auch der Anteil von KWK-Wärme (einschließlich Biomasse, tiefe Geothermie) bleibt mit rund 14% auf niedrigem Niveau.

Hinweise für die für eine erfolgreiche Energiewende notwendige Veränderungsdynamik liefert **Abbildung 15**. Sie zeigt die Entwicklung des gesamten Wärmebedarfs und des EE-Beitrags im Vergleich der beiden Szenarien. Im Szenario 100-II werden die Effizienzpotenziale im Wärmesektor rasch und weitgehend ausgeschöpft. Die Verbrauchsreduktion beträgt bis 2020 bereits -12% und steigt bis 2030 auf -27%. Zur Jahrhundertmitte hat sich der gesamte Wärmebedarf halbiert.

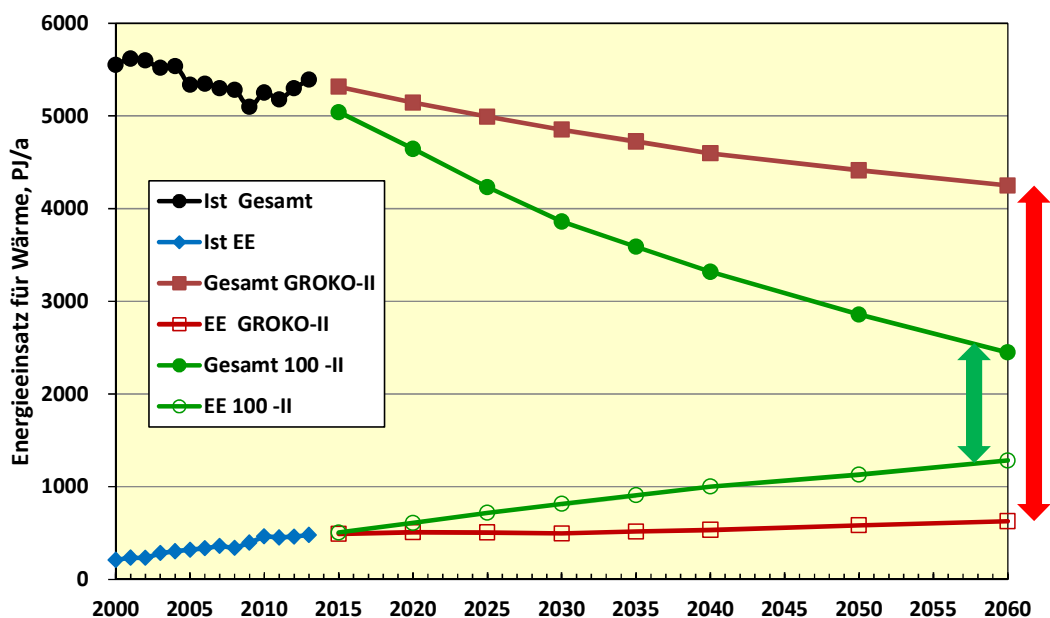


Abbildung 15: Entwicklung des Wärmebedarfs (einschl. Stromwärme) und der EE-Wärme (ohne Beitrag von EE-Strom zur Wärmebedarfsdeckung) in den Szenarien GROKO-II und 100-II

Abbildung 15 zeigt auch, dass die Effizienzstrategie eindeutig den größeren Beitrag zum nachhaltigen Umbau des Wärmesektors liefert. Bei EE-Wärme baut Biomasse noch ihren aus ökologischer Sicht möglichen Beitrag auf rund 500 PJ/a aus (2013: 420 PJ/a), eigentliche Wachstumsträger sind aber Umweltwärme/Geothermie und Solarthermie. Diese Energiequellen verzehnfachen ihren heutigen noch sehr geringen Beitrag bis zur Jahrhundertmitte; Umweltwärme/Geothermie von 34 PJ/a auf 350 PJ/a, Solarthermie von 24 PJ/a auf 260 PJ/a. EE-Wärme deckt dann mit 1175 PJ/a rund 53% des verbleibenden Wärmebedarfs in 2050 (in 2060: 75%). **Tabelle 9** ermöglicht einen direkten Vergleich der Einzeldaten der Wärmeversorgung des Szenarios 100-II mit denjenigen des Szenarios GROKO-II (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 9: Struktur des Energieträgereinsatzes zur Wärmebereitstellung im Szenario 100-II und Anteil der EE-Wärmebereitstellung

Struktur der Wärmeversorgung, (PJ/a)	Szenario 100-II										
	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Solarkollektoren	10	15	20	24	29	50	87	130	216	259	288
Umweltwärme, Geothermie	8	16	25	34	43	87	156	219	319	346	379
Biomasse	304	308	401	420	433	477	490	495	499	502	504
Wasserstoff (KWK)	0	0	0	0	0	0	0	1	18	68	145
Fern- +Nahwärme, fos.	425	434	401	403	393	397	409	379	329	258	154
Industr. KWK, fossil	281	270	277	245	230	216	202	180	142	96	43
Gase; direkt	1962	1950	1895	2100	1910	1850	1610	1440	1015	590	100
Kohlen; direkt	487	450	445	425	370	290	200	140	50	0	0
Heizöl; direkt	1310	1316	1263	1246	1153	839	627	375	140	100	151
Stromwärme*)	549	542	535	500	481	440	452	504	591	637	685
Gesamte Wärme	5336	5301	5261	5397	5042	4646	4233	3862	3319	2857	2449
2008 = 100		100	99,3	101,8	95,1	87,6	79,9	72,9	62,6	53,9	46,2
Gesamte Wärme ohne Stromwärme	4787	4759	4727	4896	4560	4205	3781	3359	2728	2219	1764
- davon EE	322	339	446	478	505	614	733	845	1052	1175	1316
Anteil EE (%)	6,7	7,1	9,4	9,8	11,1	14,6	19,4	25,1	38,6	53,0	74,6
KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geoth.)	664	681	717	704	702	744	780	751	708	662	641
Anteil an ges. Wärme, (%)	12,5	12,9	13,6	13,0	13,9	16,0	18,4	19,4	21,3	23,2	26,2

SZEN-GROKO-II; 12.05.14

*) Summe aller Einsatzarten von Strom zur Raumwärme-, Warmwasser- und Prozesswärmebereitstellung

Tabelle 9 (Szenario 100-II) zeigt auch, dass sich die Struktur der Wärmeversorgung stark verändern muss, wenn die Bereitstellung von Wärme langfristig praktisch emissionsfrei erfolgen soll. Die Einzelversorgung mit Heizöl und Gas verschwindet nahezu (noch 11% Anteil in 2060). KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geothermie, EE-Wasserstoff) erhöht ihren Anteil und deckt schließlich rund 26% des Wärmebedarfs. Einen steigenden Beitrag liefert Strom, wobei EE-Strom sich neue Nutzungsbereiche im Wärmesektor erschließt (deutlich wachsender Wärmepumpeneinsatz; verstärkter Ersatz von Erdgas in der industriellen Prozesswärme; thermische Nutzung von Stromüberschüssen u.a. in Wärmenetzen) und langfristig damit 28% des Wärmebedarfs deckt. Dafür werden längerfristig rund 30% des gesamten Stromverbrauchs eingesetzt (**Tabelle 10**). Den restlichen Wärmebedarf decken Biomasse (ohne KWK), Solarkollektoren, Wärmepumpen und hydrothermale Wärme. Mit dieser Struktur wird die Wärmeversorgung nahezu emissionsfrei. In 2060 werden im Szenario 100-II noch rund 30 Mio. t CO₂/a durch die Bereitstellung von Wärme emittiert.

Tabelle 10: Struktur des Stromeinsatzes für Wärmezwecke, getrennt nach „herkömmlichen“ Einsatzzwecken und „neuen“ Einsatzfeldern im Szenario 100-II

Stromeinsatz für Wärmezwecke, TWh/a											
Szenario 100-II											
	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Raumwärme/Klimatisierung*)	34	30	31	25	24	23	22	28	31	42	49
Warmwasser	21	21	21	21	21	20	19	19	18	18	18
herkömml. Prozesswärme**)	96	97	94	89	84	71	71	66	63	53	46
Wärmepumpen	1	2	3	4	5	8	13	17	23	23	23
weitere neue Einsatzfelder***)	0	0	0	0	0	0	0	10	29	42	55
Ges. Stromwärme, TWh/a	153	150	148	139	134	122	126	140	164	177	190
(Ges. Stromwärme, PJ/a)	549	542	535	500	481	440	452	504	591	637	685
Anteil an ges. Stromverbr. (%)	29,5	28,7	28,1	27,1	26,5	25,2	25,9	27,8	30,1	30,8	31,3

SZEN-100-II ; 12.06.14

*) ohne WP; Direktheizung, zukünftig auch verstärkte Klimatisierung, EE-Stromüberschüsse dezentral und Wärmenetze
 **) in Haushalten (Kochen etc), sowie Prozesswärme in GHD und Industrie
 ***) insbes. Ersatz von Erdgas in industrieller und gewerblicher Prozesswärme durch EE-Strom

Den Annahmen des Szenarios GROKO-II entsprechend, sind dort einerseits die Effizienzerfolge bei den herkömmlichen Stromeinsatzfeldern geringer, zum anderen sind die neuen Stromanwendungen weniger stark ausgeprägt. Während dafür im Szenario 100-II langfristig (2060) 78 TWh/a eingesetzt werden (Tabelle 10), sind es im Szenario GROKO-II lediglich 33 TWh/a. Insgesamt beläuft sich die gesamte Strommenge für Wärmezwecke im Szenario GROKO-II in 2060 auf 157 TWh/a, während sie im Szenario 100-II (Tabelle 10) 190 TWh/a beträgt.

7.2 Wärmeerzeugung mittels erneuerbarer Energien

Mit 132,9 TWh/a (bzw. 478 PJ/a) entspricht heute der EE-Beitrag zur Wärmeversorgung zwar annähernd dem EE-Strombeitrag; der EE-Anteil an der Wärmebereitstellung mit derzeit 9,8% ist aber noch relativ gering. 88% der EE-Wärme wird von der Biomasse bereitgestellt, Solarwärme und Umweltwärme/Geothermie decken also gerade erst 1% des gesamten Wärmebedarfs (**Tabelle 11; Abbildung 16**). Der Beitrag der Biomasse besteht zu 54% aus der Wärmeerzeugung mittels Einzelheizungen. Wegen des deutlichen Zuwachses von Biomasseanlagen zur Stromerzeugung in den letzten Jahren, hat sich allerdings auch die Wärmebereitstellung aus diesen Anlagen deutlich erhöht. Mit derzeit 27,6 TWh/a stellen sie 24% der Biomassewärme bereit. Sie kommt zu etwa gleichen Teilen aus Biogasanlagen (einschließlich Klärgas und flüssiger Bioenergie) und aus Holzheizkraftwerken. Die restliche Biomassewärme (22%) stammt aus reinen Heizwerken und aus dem biogenen Abfall von Müll-Heizkraftwerken. Einschließlich letzterer stammen 32% der Biomassewärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.

Im Szenario GROKO-II wird wegen der restriktiven EEG-Strategie gegenüber Biomasse auch das Wachstum der Wärmenutzung aus mit Biomasse betriebenen EEG-Anlagen gestoppt (Gruppe A in Tabelle 11). Bis 2020 wird der Beitrag von rund 28 TWh/a Nutzwärme noch relativ stabil bleiben, danach geht die Energiemenge deutlich zurück, da wegen der auf 100 MW_{el}/a begrenzten Bruttozubaurate die kumulierte Anlagenleistung sinken wird (vgl. Abschnitt 5).

Tabelle 11: Entwicklung der EE-Wärmeversorgung nach Einzel- und Nahwärmanlagen im Szenario GROKO-II; Biomassen getrennt nach Wärme aus EEG-Anlagen und anderen Anlagen

TWh/a	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A) aus EEG-Anlagen (KWK)	2,5	6,9	21,5	27,6	27,8	26,5	17,5	10,0	8,0	8,5	9,6	10,8
Biomasse fest	1,2	3,7	10,0	13,5	13,7	12,7	8,9	5,9	5,9	5,9	6,2	6,6
Biogas, Deponie-, Klärgas, Flüssige Biomasse	1,4	3,2	11,4	14,0	14,1	13,7	8,7	4,1	2,1	2,6	3,4	4,2
B) weitere Biomassen	52,4	76,5	94,9	89,0	89,4	88,7	87,9	87,3	87,3	87,3	87,4	87,4
Heizwerke, feste Biomasse	3,0	12,0	16,1	17,0	17,1	16,6	16,1	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Einzelheizungen, fest	45,9	57,3	71,5	62,5	62,6	62,3	61,9	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7
Biogener Abfall (KWK)	3,5	7,2	7,3	9,5	9,7	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Biowärme gesamt	55,0	83,4	116,3	116,6	117,2	115,1	105,4	97,3	95,3	95,8	97,0	98,2
- davon KWK-Wärme	6,1	14,1	28,7	37,1	37,4	36,3	27,4	19,8	17,9	18,3	19,5	20,6
- feste Biomasse, gesamt	50,1	73,1	97,7	93,0	93,4	91,5	86,9	83,4	83,4	83,4	83,8	84,2
Solkollektoren	1,3	3,0	5,6	6,8	7,6	9,7	11,7	13,2	15,6	18,1	19,7	21,0
- Einzelanlagen	1,3	3,0	5,6	6,7	7,6	9,6	11,3	12,5	14,3	15,9	16,9	17,7
- Nahwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	1,3	2,2	2,8	3,3
Umweltwärme, Geothermie	1,8	2,8	6,9	9,5	11,6	16,6	23,3	27,4	31,2	34,5	37,4	39,6
Hydrothermal, tiefe Geotherm.	0,1	0,5	0,7	0,9	1,2	2,0	3,8	5,6	7,9	10,5	12,9	15,0
Wärmepumpen	1,7	2,3	6,2	8,7	10,4	14,6	19,5	21,8	23,2	24,0	24,4	24,6
EE-Wärme gesamt	58,1	89,2	128,8	132,9	136,4	141,3	140,4	137,9	142,1	148,3	155,5	161,7
- Nahwärme (mit/ohne KWK)	9,2	26,6	45,5	55,0	55,8	55,0	47,6	42,0	42,9	46,8	52,5	57,7
- Einzelanlagen	48,9	62,6	83,3	77,9	80,6	86,4	92,8	96,0	99,2	101,5	103,1	104,0

ARES14-GROKO-II; 14.5.14

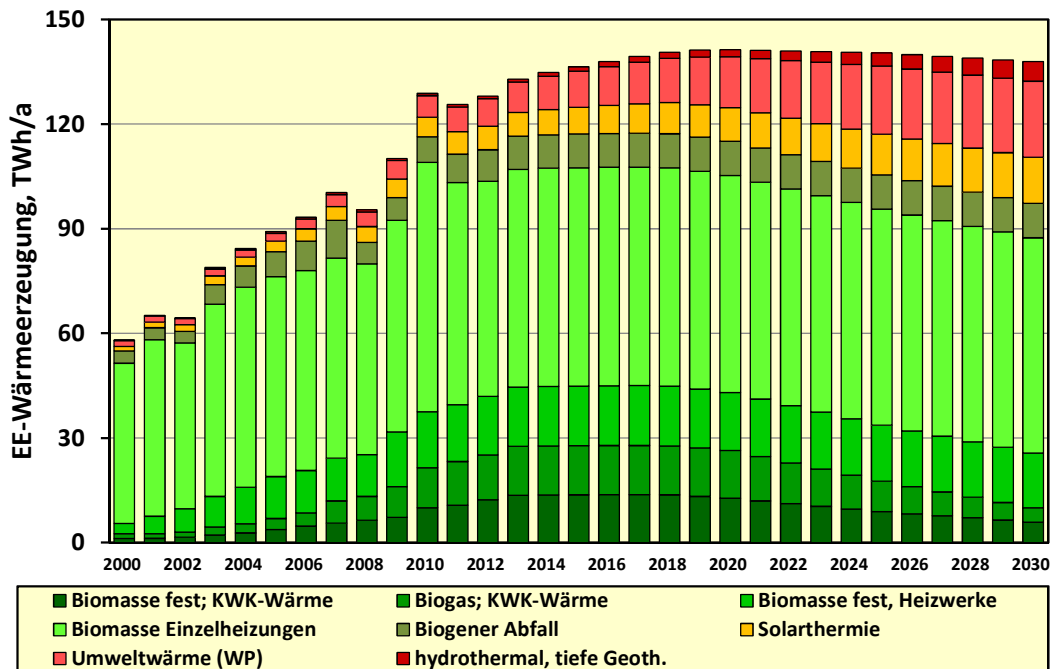


Abbildung 16: Wärmeerzeugung aus EE im Szenario GROKO-II bis 2030 nach Energietechnologien

Hält diese Restriktion länger an, wie im Szenario GROKO-II modelliert, sinkt der Nutzwärmebeitrag längerfristig auf ein Drittel des heutigen Wertes. Zwar könnten theoretisch bis zur Potenzialausschöpfung mehr feste Biomasse in Einzelheizungen eingesetzt werden, dies ist aber aus strukturellen Gründen wenig empfehlenswert, da sie dem langfristig erforderlichen Strukturwandel hin zu einer stärker vernetzten und effizienteren Wärmenutzung zuwiderläuft. Im Szenario GROKO-II wird daher von einem im Wesentlichen gleichbleibenden Beitrag der Biomasseanlagen von Gruppe B in Tabelle 11 ausgegangen. Insgesamt sinkt damit der Beitrag der Biomasse zur Wärmeversorgung nach 2015 und beträgt im Jahr 2030 noch 83% des heutigen Beitrags (Abbildung 16).

Damit wird das ohnehin schon geringe Wachstum des EE-Wärmemarkts weiter gedämpft. Für eine erhebliche Beschleunigung der bisher wenig dynamische Entwicklung des Kollektormarktes, des Wärmepumpenmarktes und der hydrothermalen Nutzung bietet die derzeitige Energiepolitik kaum Anreize. Im Szenario GROKO-II verändert sich – gemäß den derzeitigen Rahmenbedingungen und den sehr vagen Hinweisen zum „Klimafreundlichen Wärmemarkt“ dazu in der Koalitionsvereinbarung - die Dynamik für Solar- und WP-Anlagen daher nur wenig. Deren Zunahme führt bestenfalls mittelfristig nur zu einem noch geringen Wachstum der EE-Wärmemenge. Obwohl Solarkollektoren ihren Beitrag innerhalb des nächsten Jahrzehnts nahezu verdoppeln und Umwelt- und Geothermiewärme noch stärker steigen, nimmt der Gesamtbetrag an EE-Wärme bis 2020 nur noch um 6% auf rund 141 TWh/a (508 PJ/a) zu. Längerfristig wird im Szenario GROKO-II von einer Stabilisierung auf diesem niedrigen Niveau ausgegangen.

Derzeit sind rund 17 Mio. m² Kollektoren installiert, die laut EE-Statistik 6,8 TWh/a EE-Wärme bereitstellen. Der Kollektormarkt hat sich in den letzten Jahren sehr instabil entwickelt, der durchschnittliche Jahresumsatz lag bei nur 1,2 Mio. m². Zuwächsen standen auch immer wieder Einbrüche gegenüber. Dies dokumentiert die großen Herausforderungen, die in diesem bisher von der Energiepolitik vernachlässigten Bereich in den nächsten Jahren bewältigt werden sollten. Da dieser Erfolg im Szenario GROKO nicht unterstellt wird, liegt hier der jährliche Umsatz an Kollektoren im Jahr 2020 nur bei 1,7 Mio. m² und im Jahr 2030 bei 2,1 Mio. m²/a, also etwa dem Doppelten des Zubaus von 2013 (ca. 1 Mio. m²/a). Selbst dieser leichte Anstieg bedarf zusätzlicher Anreize gegenüber dem derzeitigen Zustand. Der langfristige Umsatz steigt im Szenario GROKO-II nicht über rund 3,2 Mio. m²/a.

Wärmepumpen stellen derzeit 8,7 TWh/a Umweltwärme bereit. Installiert sind rund 600 000 Wärmepumpen mit ca. 7 GW_{th} Heizleistung. Die Zubauzahlen zeigten in den letzten Jahren nur leichte Anstiege. Im Jahr 2013 wurden rund 60 000 Heizungswärmepumpen und 12 000 Brauchwasserwärmepumpen zugebaut. Unter den Bedingungen des Szenario GROKO-II wird sich daran wenig ändern. Für 2020 wird von 14,6 TWh/a genutzter Wärme aus Umwelt und oberflächennahen Erdschichten ausgegangen (12,2 GW_{th}), was noch etwas unter der aktuellen niedrigen Branchenprognose liegt [WP 2013]. Unter Beibehaltung dieser relativ niedrigen Zubauaktivität steigt der Wert für 2030 auf 21,8 TWh/a und längerfristig bis 2050 auf knapp 25 TWh/a (20 GW_{th}). Hydrothermale und tiefe Geothermie erreicht ein ähnliches Wachstumstempo und trägt damit – wegen des relativ geringen Ausgangswerts – nur in begrenztem Maße zur Bereitstellung zusätzlicher EE-Wärme bei.

Für eine erfolgreiche Energiewende im Wärmesektor ist ein erheblicher Zubau von Nahwärmanlagen von Bedeutung. Sowohl für eine umfassende KWK-Nutzung der Biomasse, als

auch für substantielle Beiträge von Solarkollektoren zur Heizwärmedeckung sind Nahwärmeanlagen im Rahmen kommunaler Versorgungskonzepte von zentraler Bedeutung. Diese wünschenswerte Entwicklung kommt durch die restriktiven Vorgaben für Biomasseanlagen im Szenario GROKO-II zum Erliegen. Denn insbesondere die KWK-Wärme aus EEG-Anlagen, die mittels Nahwärmenetzen nutzbar gemacht wird, wird nach einer Stagnationsphase bis 2020 mittelfristig zurückgehen. Relativ wenig Nahwärmeanlagen auf der Basis von Solarwärme und hydrothormaler Wärme können den Rückgang im Biomassebereich nicht kompensieren. Damit fällt ein wesentliches Strategieelement des notwendigen strukturellen Wandels im Wärmesektor im Szenario GROKO-II weg.

Im Kontrast dazu, zeigt das Szenario 100-II, welche Veränderungsdynamik im Wärmesektor kurz- bis mittelfristig entstehen müsste, wenn die Wärmeversorgung ihren Beitrag für einen wirksamen Klimaschutz leisten soll (**Tabelle 12**).

Tabelle 12: Entwicklung der EE-Wärmeversorgung nach Einzel- und Nahwärmeanlagen im Szenario 100-II; Biomassen getrennt nach Wärme aus EEG-Anlagen und anderen Anlagen

TWh/a	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A) aus EEG-Anlagen (KWK)	2,5	6,9	21,5	27,6	29,4	35,9	39,0	40,4	41,0	41,4	41,8	42,3
Biomasse fest	1,2	3,7	10,0	13,5	14,8	20,1	22,7	23,7	23,8	23,8	23,8	23,8
Biogas, Deponie-, Klärgas, Flüssige Biomasse	1,4	3,2	11,4	14,0	14,5	15,8	16,3	16,7	17,1	17,6	18,0	18,5
B) weitere Biomassen	52,4	76,5	94,9	89,0	91,0	96,5	97,0	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2
Heizwerke, feste Biomasse	3,0	12,0	16,1	17,0	17,9	21,0	21,3	21,4	21,5	21,5	21,5	21,5
Einzelheizungen, fest	45,9	57,3	71,5	62,5	63,4	65,6	65,8	65,9	65,9	65,9	65,9	65,9
Biogener Abfall (KWK)	3,5	7,2	7,3	9,5	9,7	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Biowärme gesamt	55,0	83,4	116,3	116,6	120,4	132,4	136,0	137,6	138,2	138,6	139,0	139,5
- davon KWK-Wärme	6,1	14,1	28,7	37,1	39,0	45,8	48,9	50,3	50,8	51,2	51,7	52,2
- feste Biomasse, gesamt	50,1	73,1	97,7	93,0	96,2	106,7	109,8	111,0	111,2	111,2	111,2	111,2
Solarkollektoren	1,3	3,0	5,6	6,8	7,9	13,9	24,3	36,2	49,5	60,0	66,7	72,0
- Einzelanlagen	1,3	3,0	5,6	6,7	7,9	13,7	23,4	34,2	46,0	54,6	59,2	62,4
- Nahwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	1,9	3,5	5,4	7,5	9,6
Umweltwärme/Geothermie	1,8	2,8	6,9	9,5	12,0	23,0	43,4	60,9	77,9	88,5	92,6	96,0
Hydrothermal, tiefe Geotherm.	0,1	0,5	0,7	0,9	1,4	4,1	11,8	19,3	26,7	31,6	33,7	35,5
Wärmepumpen	1,7	2,3	6,2	8,7	10,6	19,0	31,5	41,6	51,2	56,9	58,8	60,5
KWK aus EE-Wasserstoff	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,6	5,0	12,0	19,0
EE-Wärme gesamt	58,1	89,2	128,8	132,9	140,3	169,3	203,6	234,8	268,2	292,1	310,3	326,4
- Nahwärme (mit/ohne KWK)	9,2	26,6	45,5	55,0	58,3	71,0	82,9	93,1	105,1	114,7	126,3	137,7
- Einzelanlagen	48,9	62,6	83,3	77,9	82,0	98,3	120,7	141,7	163,1	177,4	184,0	188,7

ARES14-100-II_10.7.14

Das Szenario geht davon aus, dass die bisher unzulänglichen Instrumente und Maßnahmen zur Aktivierung der o.g. Technologien im EE-Wärmemarkt relativ kurzfristig verbessert werden und das Wachstum insbesondere der Kollektor- und Wärmepumpenmärkte deutlich zunehmen. Der jährliche Kollektorsatz vervierfacht sich bis 2020 auf rund 4 Mio. m²/a (solarer Wärmebeitrag 14 TWh/a) und steigt dann stetig weiter auf 7,5 Mio. m²/a in 2030 (solarer Wärmebeitrag 36 TWh/a) und erreicht schließlich ein Plateau bei rund 10 Mio. m²/a in 2050.

Diese Entwicklung entspricht etwa auch dem im Fahrplan Solarwärme [Solarwärme 2012] ermitteltem Szenario „Forcierte Expansion“. Damit erreicht solare Wärme die ihren Potenzialen angemessene energiewirtschaftliche Relevanz. Auch der Wärmepumpenmarkt stabilisiert sich auf hohem Niveau, der WP-Zubau kommt knapp an das Szenario 2 in der aktuellen Branchenprognose [WP 2013] heran.

Ebenso nimmt der Bau von Nahwärmanlagen auf hydrothermaler Basis noch deutlich zu. Da bei der Biomasse die Zubaubegrenzung für EEG-Anlagen wegfällt, können auch dort Nahwärmeversorgungen weiter zunehmen. Unter diesen gegenüber heute deutlich günstigeren Verhältnissen kann eine deutliche Zunahme der EE-Wärmerzeugung erfolgen, auch wenn der bereits hohe Beitrag der Biomasse nur noch relativ gering wächst.

Unter diesen Bedingungen kann das Wachstum der EE-Wärmebereitstellung, das seit 2000 von der Biomasse getragen wurde (**Abbildung 17**) erfolgreich auf Solar- und Umweltwärme übertragen werden und über Jahrzehnte aufrechterhalten werden. Der Anteil von Solarwärme, Umweltwärme und Geothermie an der gesamten EE-Wärmerzeugung steigt unter den Annahmen des Szenarios 100-II von derzeit 12% auf 22% in 2020; auf 41% in 2030 und auf 57% einschließlich der Wärmeversorgung mit EE-Wasserstoff in 2050. Die EE-Quellen sind dann wesentlich ausgewogener vertreten als dies heute mit der starken Dominanz der Biomasse der Fall ist.

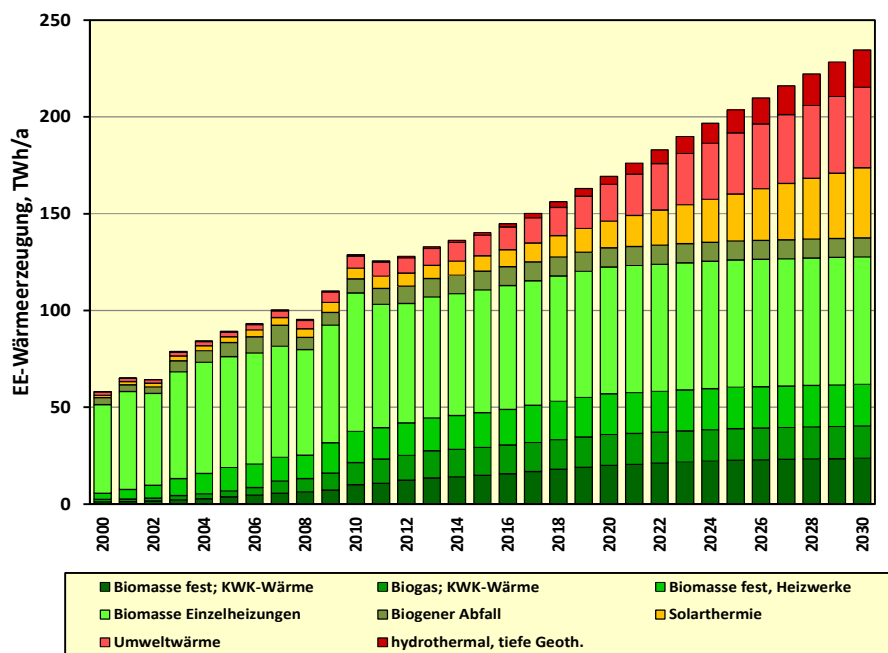


Abbildung 17: Wärmerzeugung aus EE im Szenario 100-II bis 2030 nach Energietechnologien

Die gesamte EE-Wärmemenge steigt bis 2020 um 27%, bis 2030 um 77% gegenüber 2013. Bis 2035 hat sie sich verdoppelt. In Verbindung mit einer erfolgreichen Effizienzstrategie kann so im Wärmesektor eine erfolgreiche Transformation zu einer emissionsfreien Versorgung stattfinden. Gegenüber dem Szenario GROKO-II kann bei einer erfolgreichen Umsetzung dieser Strategie längerfristig etwa doppelt so viel EE-Wärme mobilisiert werden; damit werden die erheblichen Potenziale von Solar- und Umwelt/Erdwärme angemessen erschlossen.

8. Die Struktur des Ausbaus erneuerbarer Energien im Gesamtüberblick

Die Darstellung des EE-Zuwachses im Verhältnis zum derzeitigen und zukünftigen Beitrag fossiler (und noch nuklearer) Energiequellen macht deutlich, dass die Energiewende auch im Falle sehr günstiger und stabiler Rahmenbedingungen ein langdauernder Prozess ist. (**Abbildung 18:** Szenario 100-II; **Abbildung 19:** Szenario GROKO-II) Erheblicher Wachstumserfolge im Stromsektor haben den Beitrag der EE am Endenergieverbrauch von 3,8% im Jahr 2000 auf derzeit 12,3% steigen lassen. Dies entspricht aber nur einer durchschnittlichen jährlichen Zunahme um 0,65%/a. Blicke diese jährliche Zunahme konstant würde man für die übrigen 78% rund weitere 135 Jahre benötigen. Es zeigt sich, dass die deutliche Steigerung der prozentualen jährlichen Zunahme sowohl eines stärkeren Wachstums der EE selbst als auch einer deutlichen Verringerung der Bezugsgröße: „Absoluter Energieverbrauch“ bedarf (die in den letzten Jahren nicht eingetreten ist). Dieser Prozess läuft im Szenario 100-II ab (Abbildung 18). Damit steigt der durchschnittliche jährliche Zuwachs der EE zwischen 2013 und 2020 bereits auf 1,15 %/a, zwischen 2020 und 2030 beträgt er 1,4 %/a und im restlichen Zeitraum bis 2060 sogar 1,7%/a. Der Absolutbeitrag der EE steigt dabei „nur“ auf das 3,7-fache. Trotzdem gelingt im Szenario 100-II ein Zurückdrängen des fossilen Beitrags auf nur noch 15% im Jahr 2060, der hauptsächlich im Verkehrssektor anfällt. Die verbleibenden energiebedingten CO₂-Emissionen betragen dann noch 56 Mio.t CO₂/a⁶

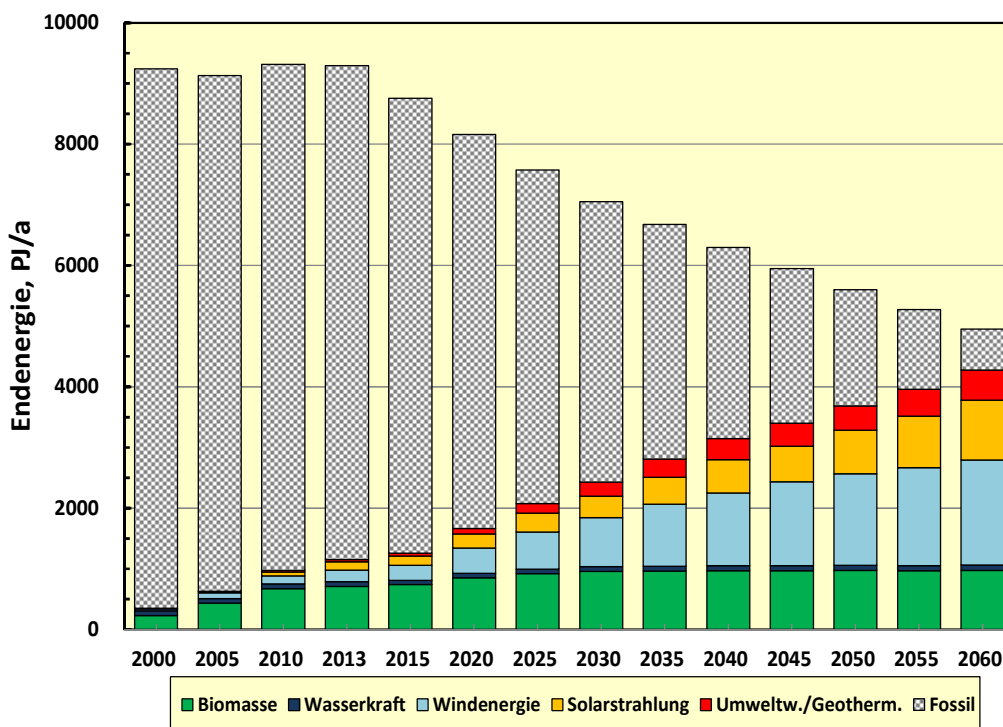


Abbildung 18: Entwicklung des EE-Endenergiebeitrags und des fossilen „Restbedarfs“ nach Energiequellen im Szenario 100-II

⁶ Bei der im Szenario 100-II erstellten Dynamik wäre auch eine exakt 100%ige EE-Versorgung im Jahr 2060 ohne weiteres darstellbar, z.B. durch eine ausreichende Bereitstellung weiterer EE-Treibstoffe auf der Basis von EE-Wasserstoff bzw. EE-Methan. Da dies aber keinen grundsätzlich neuen Erkenntnisgewinn bringt, wurde hier aus Zeitgründen darauf verzichtet.

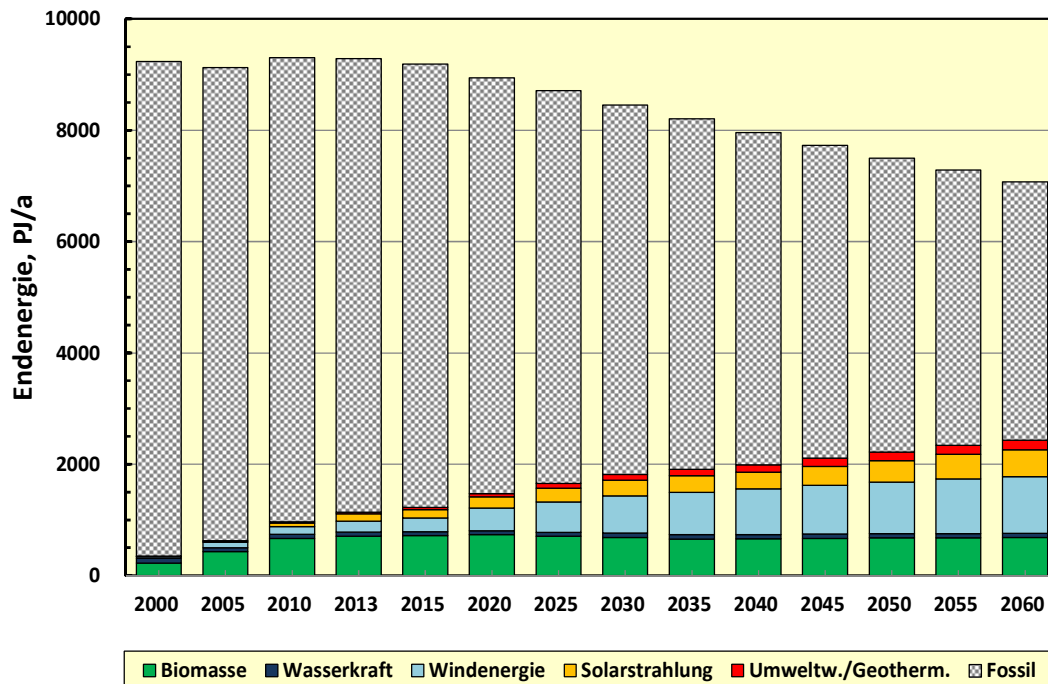


Abbildung 19: Entwicklung des EE-Endenergiebeitrags und des fossilen „Restbedarfs“ nach Energiequellen im Szenario GROKO-II

Im Szenario GROKO-II (Abbildung 19) steigt der absolute EE-Beitrag bis 2060 immerhin auf gut das Zweifache des heutigen Wertes. Das Szenario ist aber hinsichtlich der erzielbaren CO₂-Emissionen in 2060 mit 396 Mio. t CO₂/a um ein Vielfaches schlechter als das Szenario 100-II, da in GROKO-II in 2060 noch die 6-fache Menge an fossiler Endenergie vorhanden ist (4645 PJ/a gegenüber 720 PJ/a in Szenario 100-II). Um in diesem Szenario die CO₂-Emissionen des Szenarios 100-II zu erreichen, müsste der EE-Beitrag rechnerisch noch 50% mehr EE bereitstellen als im Szenario 100-II zum Zeitpunkt 2050. Dies verdeutlicht die übertragende Bedeutung einer wirksamen Effizienzstrategie, ohne die eine ökonomisch verträgliche Transformationsstrategie der Energieversorgung nicht möglich sein wird.

Die potenziell unproblematischen Energiequellen Solarstrahlung und Windenergie sind mit 20% auch heute immer noch mit einem relativ geringen Anteil⁷ am EE-Primärenergieverbrauch beteiligt (**Tabelle 13**). Zukünftig wird hier das stärkste Wachstum stattfinden (müssen). Damit wird sich bei einer weitgehend bis vollständig auf EE beruhenden Energieversorgung die Primärenergiebereitstellung wesentlich gleichmäßiger auf die einzelnen EE-Quellen verteilen, als das heute der Fall ist.

⁷ Dabei ist zu beachten, dass Strom aus Wasserkraft, Windkraft und Solarstrahlung gemäß der Wirkungsgradmethode 1:1 als Primärenergie übernommen wird. Die entsprechenden PEV-Beträge betragen also nur rund ein Drittel einer äquivalenten Strommenge aus biogener, fossiler oder nuklearer Primärenergie.

Tabelle 13: Primärenergiestruktur im Szenario 100-II

	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Wasserkraft	78	71	75	76	77	80	83	84	88	91	92
Biomasse	293	575	1113	1169	1245	1414	1468	1552	1565	1575	1575
Windenergie	34	98	136	192	257	435	619	816	1139	1411	1672
Solarstrahlung	5	16	62	132	162	246	348	457	797	1143	1555
Umweltwärme, Geothermie	6	10	25	35	44	91	167	244	388	477	642
Gesamt EE	417	769	1413	1605	1785	2266	2685	3154	3976	4696	5536
Fossil*)	12134	12010	11271	11242	10542	9024	7988	6647	4607	3194	1795
Nuklear	1851	1779	1533	1061	1004	731	0	0	0	0	0
Gesamte Primärenergie	14401	14558	14217	13908	13331	12021	10673	9801	8583	7890	7331

*) einschl. Sonstige, Importsaldo Strom (fossil/nuklear) ARES14-100-II; 10.7.14

Im Szenario 100-II stammen in 2030 (EE-PEV = 3154 PJ/a) bereits 50% der erneuerbaren Primärenergie aus „Nicht-Biomasse-Quellen“. Im Jahr 2060 mit einem EE- Primärenergieverbrauch von 5536 PJ/a belaufen sich die Anteile auf 30% Windkraft, 28% Biomasse; 28% Solarstrahlung, 12% Umweltwärme/Geothermie und 1,6%% Wasserkraft.

Der Primärenergiebeitrag der EE an der gesamten Energieversorgung steigt im Szenario 100-II auf 19% in 2020; auf 32% in 2030, auf 60% in 2050 und schließlich in 2060 auf 75%. EE dominieren dann also die Energieversorgung; zumal der größte Teil des verbleibenden Primärenergieeinsatzes für nichtenergetische Zwecke eingesetzt wird. Gemäß der Szenariophilosophie wächst der EE-Primärenergieeinsatz im Szenario GROKO-II erheblich langsamer (**Tabelle 14**).

Tabelle 14: Primärenergiestruktur im Szenario GROKO-II

	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Wasserkraft	78	71	75	76	77	77	78	79	80	80	80
Biomasse	293	575	1113	1169	1215	1224	1160	1154	1098	1120	1120
Windenergie	34	98	136	192	257	424	558	682	809	903	990
Solarstrahlung	5	16	62	132	155	205	258	309	382	550	736
Umweltwärme; Geothermie	6	10	25	35	43	62	87	106	141	170	192
Gesamt EE	417	769	1413	1605	1747	1992	2142	2329	2510	2823	3118
Fossil*)	12134	12010	11271	11242	11083	10324	10104	9312	8386	7435	6602
Nuklear	1851	1779	1533	1061	1004	731	0	0	0	0	0
Gesamte Primärenergie	14401	14558	14217	13908	13834	13047	12246	11641	10896	10258	9720

*) einschl. Sonstige, Importsaldo Strom (fossil/nuklear) ARES14-100-II; 14.5.14

In 2030 beträgt er mit 2330 PJ/a nur 75% der EE-Primärenergie des Szenarios 100-II und sinkt weiter bis 2060 auf 57%. In Verbindung mit einem deutlich höheren Primärenergieverbrauch liegt damit der EE-Anteil an der gesamten Primärenergie in 2060 bei nur 34%. EE sind in diesem Szenario zwar ein wichtiger, aber bei weitem nicht der dominierender Be-

standteil der zukünftigen Energieversorgung. Auch die Struktur des EE-PEV ist weniger ausgewogen. Langfristig dominiert immer noch die Biomasse mit einem Anteil von 36% am gesamten EE-PEV, die großen Wind- und Solarpotenziale sind nur mäßig erschlossen.

9. Kompensationsmöglichkeiten der CO₂-Minderungsdefizite im Szenario GROKO-II

Das Ziel einer 40%igen CO₂-Minderung im Jahr 2020 (Ziel = 625 Mio. t CO₂/a) wird im Szenario GROKO um 117 Mio./a verfehlt. Das Szenario 100-II erreicht dieses Ziel mit 627 Mio. t/a bis auf eine minimale Differenz. Es kann also als Maßstab für die erforderliche Klimaschutzpolitik herangezogen werden. Bei Fortführung der „GROKO“-Politik nach 2020 vergrößert sich das CO₂-Defizit stetig auf 216 Mio. t/a in 2030 (vgl. auch Tabelle 6).

Wie die Defizite der Reduktion der CO₂-Emissionen im Szenario GROKO-II beseitigt werden können, wird im Szenario 100-II abgebildet. In **Tabelle 15** ist für die Jahre 2020, 2025 und 2030 die entsprechende Kombination von Effizienzsteigerung und EE-Ausbau in den einzelnen Bereichen zusammengestellt, die bei einer ausgewogene Mobilisierung aller Optionen gemäß Szenario 100-II mobilisiert werden können, um das Klimaziel von -40% in 2020 erfolgreich zu erreichen.

Tabelle 15: Abweichung vom CO₂-Minderungsziel im Szenario GROKO-II und zusätzliche Beiträge der CO₂-Minderung im Szenario 100-II gegenüber Szenario GROKO-II (Ausgangsdaten siehe Tabellen 5 und 6)

	2020	2025	2030
Abweichung CO₂; Mio t/a	115	178	216
Zusätzl. Beiträge im Szen. 100-II			
- Effizienz (Endenergie)	77	101	109
- Effizienz (KWK)	14	27	32
- Erneuerbare Energien	24	50	75
- EE-Strom	15	32	50
- EE-Wärme	8	17	24
- EE-Kraftstoffe	1	1	1
Fos. Primärenergie, ges, PJ/a	1300	2116	2665
davon EE, PJ/a	274	543	825
davon EFF, PJ/a	1026	1573	1840
EFF (Endenergie), PJ/a	793	1141	1409
EE (Endenergie), PJ/a	193	432	661
davon EE-Strom, PJ/a	68	187	300
davon EE-Wärme, PJ/a	105	225	338
davon EE-Kraftstoffe, PJ/a	20	20	23
Spezifische Emissionen			
Effizienz (Endenergie), CO ₂ /GJ	0,0971	0,0885	0,0774
EE-Strom; kg CO ₂ /kWh	0,7941	0,6160	0,6000
EE-Wärme; t CO ₂ /GJ	0,0762	0,0756	0,0710
EE- Kraftstoffe; CO ₂ /GJ	0,0550	0,0550	0,0522

Das zentrale Defizit entsteht durch das Fehlen einer wirksamen Effizienzpolitik. Die weitere Verringerung der Endenergienachfrage um 793 PJ/a bis 2020 (EFF Endenergie in Tab. 15) erlaubt eine Reduktion der CO₂-Emissionen in 2020 um zusätzlich 77 Mio. t/a (67%). Ein stärkeres Wachstum der KWK ist für weitere 14 Mio. t/a (12%) verantwortlich. Ein dynamischeres Wachstum von EE-Strom (249 TWh/a in Szenario 100-II statt 230 TWh/a in GROKO-II) kann eine weitere Minderung von 15 Mio. t/a (13%) erbringen, eine deutliche Zunahme der Wachstumsdynamik von EE-Wärme (614 statt 509 PJ/a) bewirkt weitere 8 Mio. t/a (7%). Unbedeutend ist der zusätzliche Beitrag von Bio-Kraftstoffen in Höhe von mit 20 PJ/a (1%) gegenüber dem Szenario GROKO-II.

Auch in 2030 bleibt die Verringerung der Energienachfrage (1840 PJ/a weniger Endenergie im Szenario 100-II gegenüber Szenario GROKO-II) mit 50% Anteil der zusätzlichen CO₂-Minderung von insgesamt 216 Mio. t CO₂/a der wichtigste Klimaschutzbeitrag. Zusätzlicher EE-Strom erbringt weitere 50 Mio. t CO₂/a, also mit 23% einen höheren Anteil als in 2020, gefolgt von zusätzlicher KWK mit 32 Mio. t CO₂/a (15%) und zusätzlicher EE-Wärme mit 24 Mio. t CO₂/a (11%).

Aus dieser Defizitanalyse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Ohne eine sehr viel wirksamere Effizienzpolitik werden sich die Klimaschutzziele nicht erreichen lassen. Auf die prinzipiell hohen Potenziale einer **Effizienzsteigerung** für den Klimaschutz **kann nicht verzichtet** werden. Sie könnten mittelfristig nur zu einem relativ geringen Anteil durch einen deutlich stärkeren EE-Ausbau ersetzt werden. Zum einen müsste dazu das bisherige EE-Wachstum erheblich gesteigert werden, zum anderen wäre ein derartiges Vorgehen ökonomisch unvernünftig, weil sehr kostengünstige Effizienzpotenziale nicht erschlossen würden. Zwei Beispielrechnungen machen dies deutlich:
- **Fall 1:** Soll die unzulängliche Effizienzsteigerung und der schwache KWK-Ausbau des Szenario GROKO-II vollständig durch einen verstärkten EE-Ausbau kompensiert werden, um das CO₂-Minderungsziel rein rechnerisch trotzdem zu erreichen, wäre bis 2020 ein CO₂-Minderungsbeitrag aller EE von 115 Mio. t CO₂/a statt der im Szenario 100-II bereits erreichten 24 Mio. CO₂ t/a erforderlich (Tabelle 15), also knapp das **Fünffache**. Der Endenergiebeitrag aller EE wächst im Szenario 100-II zwischen 2013 und 2020 bereits von 1145 PJ/a auf 1667 PJ/a, also um 522 PJ/a. Um die CO₂-Minderung von 115 Mio. CO₂/a in 2020 zu erreichen, müsste dazu der EE-Beitrag in 2020 aber bei 2400 PJ/a liegen (**Abbildung 20**). Dazu wäre mehr als eine **Verdoppelung** des gesamten EE-Beitrags von 2013 innerhalb der nächsten 6 Jahre erforderlich, was selbst unter sehr optimistischen Bedingungen strukturell nicht möglich ist. Der Großteil davon müsste – entsprechend der Gewichtung der CO₂-Beiträge in Tabelle 15 – von EE-Strom erbracht werden. Dies widerspricht aber den engen Vorgaben des überarbeiteten EEG-Gesetzes.

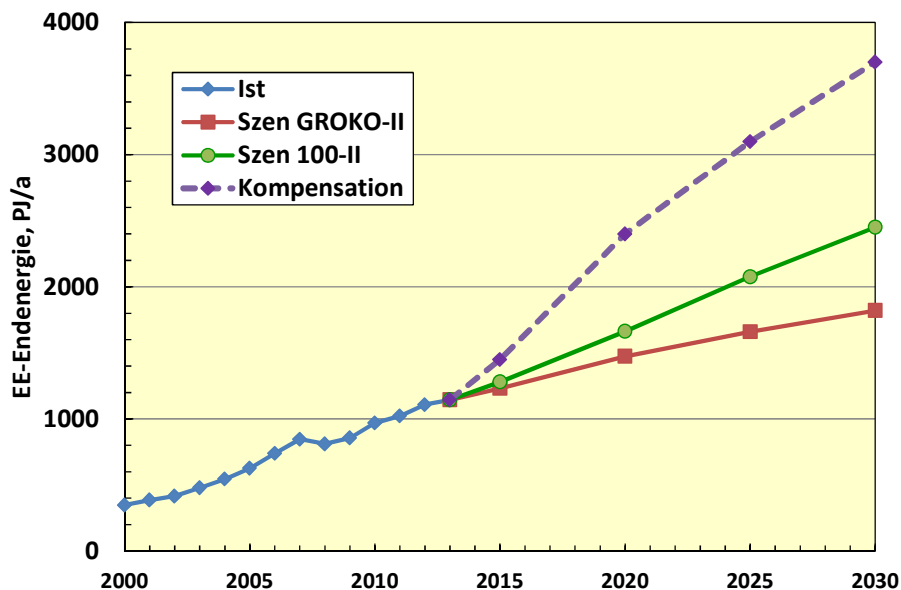


Abbildung 20: Wachstum der EE-Endenergie in den Szenarien GROKO-II und 100-II und erforderliche zusätzlicher Zubau (Kompensation), wenn die CO₂-Minderungsziele ohne verstärkte Effizienzsteigerungen erreicht werden sollten.

- Fall 2:** Wird unterstellt, dass die Potenziale der Energieverbrauchsminderung gemäß Szenario 100-II auch im Szenario GROKO-II erschlossen würden, ergäbe sich im Jahr 2020 immer noch ein CO₂-Defizit von 38 Mio. t CO₂/a gegenüber dem -40% Minderungsziel. Berücksichtigt man zusätzlich, dass die weitere CO₂-Minderung durch EE-Strom (15 Mio. t CO₂/a, gemäß Tabelle 15) infolge der EEG-Vorgaben ausfällt, verbleibt noch eine Kompensationsmöglichkeit durch zusätzliche EE-Wärme. Dazu müsste jedoch der CO₂-Minderungsbeitrag der EE-Wärme statt 8 Mio. t CO₂/a, wie im Szenario 100-II ermittelt, jetzt 38 Mio. t CO₂/a betragen, also ebenfalls das knapp **Fünffache** (4,75-fach) dessen, was unter den relativ günstigen Rahmenbedingungen des Szenarios 100-II möglich erscheint. Der EE-Wärmebeitrag wächst dort von 478 PJ/a (133 TWh/a, vgl. Tabelle 11) im Jahr 2013 auf 614 PJ/a, also um 136 PJ/a. (**Abbildung 21**). Um die zusätzliche CO₂-Minderung von 38 Mio. t CO₂/a in 2020 zu erreichen, müsste der EE-Wärmebeitrag in 2020 aber bei 990 PJ/a liegen. Dazu müsste also der derzeitige EE-Wärmebeitrag ebenfalls innerhalb der **nächsten 6 Jahre mehr als verdoppelt** werden. Nach 2020 stiege der EE-Wärmebedarf rasant weiter. Im EE-Wärmesektor sind jedoch die strukturellen Hemmnisse für eine derartig rasante Beschleunigung des Zubaus noch erheblich größer als im Stromsektor.

Knapp 90% des EE-Wärmebeitrags bestehen aus Biomasse. Deren Beitrag kann aber nicht in erheblichem Umfang gesteigert werden. Dazu kommt – wie gezeigt – dass die jetzigen EEG-Bedingungen zu einer Drosselung des Beitrags von EE-Biowärme führen werden. Der erforderliche Zuwachs von rund 510 PJ/a (990 – 478 PJ/a) müsste also fast ausschließlich von Solarkollektoren, Umweltwärme und Geothermie erbracht werden müssen. Diese EE-Arten stellen derzeit zusammen aber lediglich 59 PJ/a EE-Wärme bereit. Es wäre also rein rechnerisch eine knapp **Verzehnfachung** dieses Beitrags innerhalb von nur 6 Jahren erforderlich, mit weiter rasantem Anstieg nach 2020.

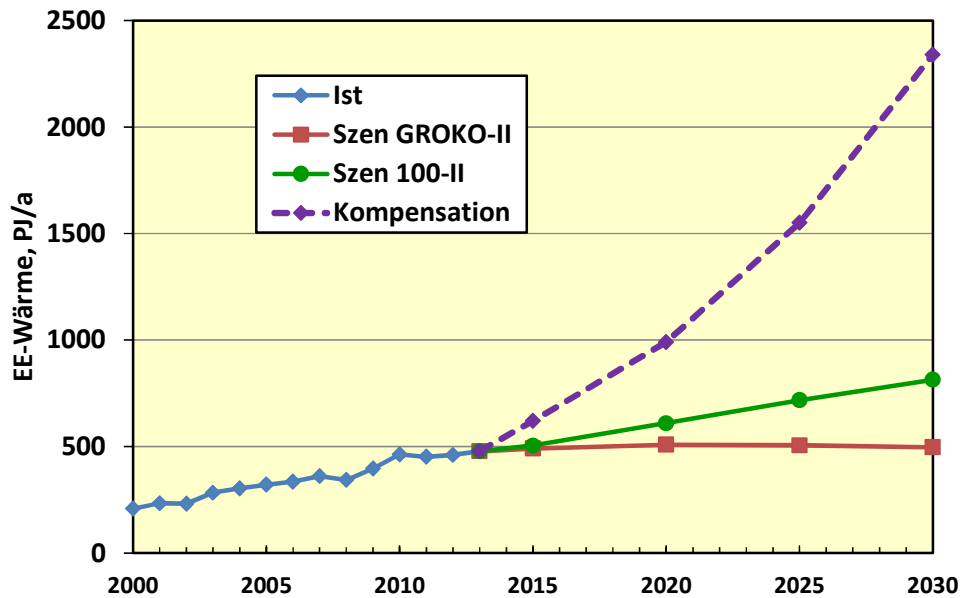


Abbildung 21: Wachstum des EE-Wärmebeitrags in den Szenarien GROKO-II und 100-II und erforderliche zusätzlicher Zubau (Kompensation), wenn die CO₂-Minderungsziele bei unzulänglichem KWK- und EE-Stromwachstum (aber ausreichender Effizienz) erreicht werden sollten.

Ersichtlich ist damit auch, dass eine über den Fall 2 hinausgehende Kompensation, also auch von Effizienzdefiziten wie in Fall 1 angenommen, allein durch EE-Wärme erst recht an unüberwindbare Grenzen stößt.

Beide Fälle zeigen, wie begrenzt kurzfristige Kompensationsmöglichkeiten bei der notwendigen CO₂-Minderung sind, wenn die Potenziale der Effizienzsteigerung und des weiteren Wachstums von EE-Strom vernachlässigt bzw. nicht in ihrem vollen Umfang genutzt werden. Dies ist aber unter den Rahmenbedingungen der derzeitigen Energiepolitik der Fall ist, wie mit den Ergebnissen des Szenarios GROKO-II gezeigt wurde. Statt restriktiver Vorgaben hinsichtlich des weiteren Wachstums von EE-Strom im neuen EEG-Gesetz festzuschreiben, sind im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes und einer weiterhin erfolgreichen Energiewende folgende Maßnahmen unverzichtbar:

- Das weitere Wachstum von EE-Strom auf hohem Niveau zu stabilisieren und längerfristig (über 2020 hinaus) abzusichern;
- das bisherige unzulängliche Wachstum von solarer Wärme, Umweltwärme und Geothermie erheblich zu beschleunigen und langfristig zu stabilisieren;
- die Erschließung der erheblichen und unverzichtbaren Potenziale der Effizienzsteigerung durch wirksame Maßnahmen und Rahmenbedingungen deutlich voranzubringen;
- wirksame Rahmenbedingungen für eine substantielle und stabile Ausweitung der Kraft-Wärme-Kopplung zu schaffen.

Solange diese Maßnahmen nicht zum Hauptbestandteil der Energiepolitik sind, kann von einer erfolgreichen „Energiewendestrategie“ nicht die Rede sein.

10. Literatur

BMU 2012: Nitsch, J., Pregger, T., Naegler, T., Gerhardt, N., Wenzel, B. und weitere (2012): „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.“ DLR Stuttgart, Fraunhofer-IWES Kassel, IfnE Teltow; Studie im Auftrag des BMU, März 2012.

BMWi 2014a: „Zeitreihen zur Entwicklung erneuerbarer Energien in Deutschland.“ Daten der AGEE-Stat; Hrsg. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Stand: Februar 2014.

BMWi 2014b: „Zahlen und Fakten – Energiedaten“ Hrsg. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Stand: März 2014.

BMWi 2014c: „Zentrale Vorhaben Energiewende für die 18. Legislaturperiode.“ 10-Punkte Energie-Agenda des BMWi, Juni 2014

EEG 2014a: „Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts“. Bundesregierung, Berlin 8. April 2014.

EEG 2014b: Nicht-amtliche Lesefassung des EEG-Gesetzes unter Zugrundelegung der Bundestagsbeschlüsse vom 27. Juni und 4. Juli 2014.

E-Konzept 2011: Energiekonzept für eine zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. BMWI und BMU, 28. Sept. 2010 ; und: Bundesregierung: „Gesetzespaket zur Energiewende“, Sommer 2011

Sonnenwärme 2012: „Fahrplan Sonnenwärme – Strategie und Maßnahmen für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030.“ Technomar München, ITW Stuttgart, CO2-Online GmbH Berlin; im Auftrag des Bundesverbands Solarwirtschaft e.V. Berlin; Gefördert vom BMU Berlin; Juli 2012.

KO 2013: „Deutschlands Zukunft gestalten.“ Koalitionsvertrag zwischen CDU,CSU und SPD; 18. Legislaturperiode, 26. Nov. 2013.

Monitoring 2014: Zweiter Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft.“ Hrsg. BMWi/BMU; Berlin, März 2014

Nitsch 2014a: J. Nitsch: „Szenarien der deutschen Energieversorgung vor dem Hintergrund der Vereinbarungen der Großen Koalition.“ Kurzexpertise für den Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Stuttgart, 5. Februar 2014;

Nitsch 2014b: J. Nitsch: „Die Energiewende ist machbar.“ Beitrag im Buch: „Gemeinschaftsprojekt Energiewende.“ Hrsg.: U. Bartosch, P. Hennicke, H. Weiger; BUND Deutschland, Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW); oekom-Verlag München, April 2014

UBA 2013: „Spezifische Emissionen in der deutschen Stromversorgung.“ Umweltbundesamt Dessau, Juli 2013.

UBA 2014: „Treibhausgasemissionen in Deutschland 1990 bis 2013“; Umweltbundesamt, 25. 2.2014.

WP 2013: „BWP-Branchenstudie 2013 – Szenarien und politische Handlungsempfehlungen.“ Bundesverband Wärmepumpen e. V. Berlin, August 2013

11 Datenanhang

Anhang I: Weitere Daten zu Szenario GROKO-II

Tabelle A1: Endenergiestruktur, Primärenergieverbrauch, CO2- Emissionen

PJ/a	2005	2008	2010	temp. 2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<i>Abnahme in 5-Jahres-Abschnitten</i>												
Gesamte Endenergie	9127	9159	9310	9118	9288	9190	8947	8713	8457	7962	7499	7077
2008 = 100	99,7	100,0	101,6	99,6	101,4	100,3	97,7	95,1	92,3	86,9	81,9	77,3
nach Energieträgern												
Elektrizität	1864	1887	1899	1899	1847	1840	1825	1829	1832	1850	1879	1908
Solarwärme	10	15	20	20	24	27	35	42	48	65	76	79
Umweltwärme/Geothermie	8	16	25	25	34	42	60	84	99	124	142	150
Biomassewärme (KWK, Heizw. und Einzelheiz; Öffentl. +Industrie)	304	308	419	401	420	422	414	380	350	345	354	358
KWK-Wärme über Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	41
Fossile Fern- +Nahwärme	425	434	427	401	403	384	370	371	366	360	323	279
Industrielle KWK-Wärme, fossil	281	270	277	277	245	230	222	211	212	214	194	169
Erdgas (Wärme + Kraftstoff)	1982	1975	1995	1920	2130	2205	2215	2240	2160	2122	2100	2050
Steinkohlen	487	450	450	445	425	380	320	250	200	150	75	0
Mineralöl (Wärme + Kraftstoff)	3735	3672	3670	3602	3643	3531	3326	3107	2939	2402	1916	1520
EE-Kraftstoffe (H2 + Bio)	81	132	128	128	118	130	160	200	250	330	430	524
EE-Anteile												
EE-Strom,(Endenergie), ges.	225	336	377	377	549	609	805	953	1074	1127	1212	1281
-Anteil an gesamt (%)	12,1	17,8	19,9	19,9	29,8	33,1	44,1	52,1	58,6	60,9	64,5	67,1
EE-Wärme, gesamt	322	339	464	446	478	491	509	506	497	534	583	628
- Anteil an gesamt (%)	6,7	7,1	9,4	9,4	9,8	10,2	11,0	11,3	11,5	13,2	15,2	17,2
EE-Kraftstoffe	81	132	128	128	118	130	160	200	250	330	430	524
- Anteil an gesamt (%)	3,2	5,3	5,1	5,1	4,6	5,1	6,5	8,3	10,9	16,0	24,1	34,4
EE-Gesamt	628	807	969	951	1145	1230	1474	1659	1821	1991	2224	2432
Anteil an Endenergie (%)	6,9	8,8	10,4	10,4	12,3	13,4	16,5	19,0	21,5	25,0	29,7	34,4
Umwandlungsverluste												
Umwandlungsverl. Strom (Tab.3b)	3305	3270	3125	3125	2821	2612	2121	1560	1187	971	816	721
Umwandlungsverl. Übrige *)	1012	939	748	737	798	1051	1009	1012	1048	1022	1014	1002
Umwandlungsverl. insgesamt	4317	4209	3873	3862	3619	3663	3130	2572	2234	1994	1829	1723
- Anteil an PEV (%)	29,7	29,3	27,2	27,6	26,0	26,5	24,0	21,0	19,2	18,3	17,8	17,7
Nichtenerg. Verbrauch	1114	1012	1034	1034	1000	980	970	960	950	940	930	920
- Anteil an PEV (%)	7,7	7,0	7,3	7,4	7,2	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,1	9,5
Primärenergie												
Primärenergie	14558	14380	14217	14015	13908	13834	13047	12246	11641	10896	10258	9720
2008 = 100	101,2	100,0	98,9	97,5	96,7	96,2	90,7	85,2	81,0	75,8	71,3	67,6
Mineralöl	5162	4905	4684	4591	4633	4676	4411	4145	3934	3355	2826	2391
Steinkohlen, Sonstige1), nicht bio.Müll	2033	2010	1968	1928	1997	1835	1547	1432	1191	936	702	569
Braunkohlen	1596	1554	1512	1512	1627	1551	1309	1290	909	716	528	335
Erdgas	3250	3222	3171	3101	3106	3133	3144	3290	3307	3379	3379	3307
Fossile Primärenergie	12041	11691	11335	11132	11363	11195	10410	10158	9341	8386	7435	6602
-- Fossil ohne NE-Verbrauch	10927	10679	10301	10098	10363	10215	9440	9198	8391	7446	6505	5682
Kernenergie	1778	1623	1533	1533	1061	1004	731	0	0	0	0	0
EE - Inland und Import 2)	769	1147	1413	1413	1605	1747	1992	2142	2329	2510	2823	3118
Importsaldo Nicht-EE-Strom	-31	-81	-64	-64	-122	-112	-86	-54	-29	0	0	0
Anteil EE an PEV (%) ,	5,3	8,0	9,9	10,1	11,5	12,6	15,3	17,5	20,0	23,0	27,5	32,1
Anteil EE an PEV ohne NE (%)	5,7	8,6	10,7	10,9	12,4	13,6	16,5	19,0	21,8	25,2	30,3	35,4
A CO2-Emissionen, (Mio t/a)												
- Energie + Industrieprozesse**)	862	851	829	814	834	815	742	716	635	550	467	396
1990 = 100 (1042 Mio.t/a)	82,7	81,7	79,5	78,1	80,0	78,2	71,2	68,8	61,0	52,8	44,8	38,0
Vermied. CO2-Emissionen seit 1990	180	191	213	228	208	227	300	326	407	492	575	646
CO2-Intens.fossil, (Mio t/PJ)	0,0789	0,0797	0,0804	0,0806	0,0804	0,0798	0,0786	0,0779	0,0757	0,0738	0,0717	0,0697
CO2-Intens. ges (Mio t/PJ)	0,0641	0,0637	0,0629	0,0627	0,0646	0,0634	0,0614	0,0635	0,0594	0,0552	0,0500	0,0450

Tabelle A2: Sektoraler Energieverbrauch, Umwandlungsverluste und resultierender Primärenergieverbrauch (Szenario GROKO-II)

	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Private Haushalte	2584	2591	2676	2554	2507	2396	2320	2229	2082	1971	1914
GHD	1478	1437	1483	1460	1438	1394	1327	1283	1207	1162	1102
Industrie	2421	2514	2592	2668	2641	2588	2545	2503	2424	2362	2291
Verkehr	2752	2585	2559	2606	2604	2569	2522	2442	2250	2004	1770
NE-Verbrauch	1068	1114	1034	1000	980	970	960	950	940	930	920
Umwandl. Strom	3130	3305	3125	2821	2612	2121	1560	1187	971	816	721
Umwandl. Übrige	969	1012	748	798	1051	1009	1012	1048	1022	1014	1002
Gesamte Primärenergie	14401	14558	14217	13908	13834	13047	12246	11641	10896	10258	9720
davon Endenergie	9235	9127	9310	9288	9190	8947	8713	8457	7962	7499	7077

SZEN-GROKO-II; 12.05.14

Tabelle A3: CO₂-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsbereichen

	CO ₂ -Vermeidung nach Verbrauchssektoren					Szenario GROKO-II					
	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Industrie											
- Wärme (PJ/a)*	1675	1729	1764	1865	1841	1798	1756	1726	1657	1587	1515
- CO ₂ (Mio. t/a)	127	128	125	128	128	121	115	111	102	93	84
- Strom (PJ/a)**	839	858	828	803	800	790	789	777	767	775	776
- CO ₂ (Mio. t/a)	146	145	133	139	131	112	113	88	72	60	50
Endenergie (PJ/a)	2514	2587	2592	2668	2641	2588	2545	2503	2424	2362	2291
CO₂ (Mio. t/a)	273	274	258	266	260	233	228	199	174	152	134
GHD											
- Wärme (PJ/a)	980	974	979	963	945	915	855	819	748	712	652
- CO ₂ (Mio. t/a)	74	72	70	66	66	62	56	53	46	42	36
- Strom (PJ/a)	457	469	504	497	493	479	472	464	459	450	450
- CO ₂ (Mio. t/a)	80	79	81	86	81	68	67	52	43	35	29
Endenergie (PJ/a)	1437	1443	1483	1460	1438	1394	1327	1283	1207	1162	1102
CO₂ (Mio. t/a)	154	152	150	152	147	129	123	105	89	76	65
Haushalte											
- Wärme (PJ/a)	2082	2056	2168	2068	2029	1928	1862	1779	1641	1539	1482
- CO ₂ (Mio. t/a)	157	152	154	142	141	130	122	114	101	90	82
- Strom (PJ/a)	509	502	508	486	479	468	457	450	441	432	432
CO ₂ (Mio. t/a)	89	85	81	84	79	66	65	51	41	33	28
Endenergie (PJ/a)	2591	2558	2676	2554	2507	2396	2320	2229	2082	1971	1914
CO₂ (Mio. t/a)	246	237	236	226	220	196	187	165	142	123	110
Verkehr											
- Kraftstoffe (PJ/a)	2476	2513	2497	2545	2536	2480	2411	2300	2065	1782	1520
- CO ₂ (Mio. t/a)	176	178	175	179	177	171	163	150	127	98	72
- Strom (PJ/a)	58	59	59	61	68	89	111	141	184	222	250
CO ₂ (Mio. t/a)	10	10	10	11	11	13	16	16	17	17	16
Endenergie (PJ/a)	2534	2572	2556	2606	2604	2569	2522	2442	2250	2004	1770
CO₂ (Mio. t/a)	186	188	184	190	189	183	178	166	144	115	88
Alle Sektoren (wie Tab. 5c)											
- Wärme (PJ/a)	4787	4759	4911	4897	4815	4642	4473	4324	4046	3838	3649
CO₂ (Mio. t/a)	362	352	349	335	335	313	293	278	249	224	202
- Strom (PJ/a)	1864	1887	1899	1847	1840	1825	1829	1832	1850	1879	1908
CO₂ (Mio. t/a)	324	320	305	319	302	258	261	207	174	144	122
- Kraftstoffe (PJ/a)	2476	2513	2497	2545	2536	2480	2411	2300	2065	1782	1520
CO₂ (Mio. t/a)	176	178	175	179	177	171	163	150	127	98	72
Endenergie (PJ/a)	9127	9159	9307	9288	9190	8947	8713	8457	7962	7499	7077
Gesamtes CO₂ (Mio. t/a)	862	851	828	834	815	742	716	635	550	467	396

*) nur Brennstoffe; einschl. Mineralöl in Spalte "stationäre Kraft" (Tabellen, Blatt D)

SZEN-GROKO-II; 12.05.14

Tabelle A4: Übersichtstabelle Stromerzeugung (Szenario GROKO-II)

Stromerzeugung, TWh/a	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kernenergie	163	141	97	92	67	0	0	0	0	0
Steinkohle, übrige *)	157	144	145	143	126	126	109	90	75	70
Braunkohle	154	146	162	158	135	135	95	75	55	35
Erdgas, Öl, übr. Gase	86	98	77	66	65	78	90	105	113	116
Windenergie	27	38	53	68	115	155	189	225	251	275
Solarstrahlung	1	12	30	35	47	60	73	88	132	183
Biomasse, Wasser, Erdwärme	34	55	69	69	68	59	48	45	49	51
EE-Wasserstoff		0	0	0	0	0	0	0	3	16
Gesamte Bruttoerzeugung	623	633	634	631	623	613	604	628	677	745
Erneuerbare Stromerzeugung	62	105	153	172	230	274	310	358	434	524
Fossile Stromerzeugung	397	387	384	367	325	339	293	270	243	221
KWK-Erzeugung**)	80	93	95	98	104	108	112	115	115	111
Bruttostromverbrauch*)	614	615	600	600	599	598	596	628	677	745
Endenergie Strom	518	528	513	511	507	508	509	514	522	530
Installierte Leistung, GW	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kernenergie	21,4	21,5	12,7	11,4	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle, Sonstige Brst.	33,4	35,6	35,8	36,0	35,3	34,0	30,3	24,6	20,6	19,3
Braunkohle	22,0	22,7	24,9	24,4	22,9	22,9	17,9	14,2	10,5	6,7
Erdgas, Öl,	26,2	29,0	28,0	22,5	22,3	25,6	32,7	35,6	35,7	33,1
Windenergie	18,4	27,2	34,3	40,9	56,0	66,1	76,3	85,6	90,8	95,0
Solar (PV + CSP)	2,1	17,6	36,0	41,2	53,6	65,9	74,0	65,9	74,4	83,4
Biomasse, Wasser, Erdwärme	7,7	11,0	12,6	12,4	12,2	10,8	10,3	10,2	10,3	10,6
EE-Wasserstoff						0,0	0,0	0,0	1,0	4,5
Pumpspeicher, andere Sp.	6,5	6,5	6,0	6,0	7,5	7,5	8,5	10,0	10,0	10,0
Gesamte Bruttoleistung	138	171	190	195	218	233	250	246	253	263
Nicht jederzeit einsetzbar ***)	38	68	87	98	121	141	158	150	158	164
Gesicherte Leistung, brutto	100	103	103	97	98	92	92	96	96	99
Bruttohöchstlast	82	84	82	82	80	80	80	81	82	83
Als Reserve verbleibend	18	19	21	15	17	12	12	15	14	15
CO2-Emissionen (Mio. t/a)	324	305	319	302	258	261	207	174	144	122
A) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,816	0,787	0,833	0,825	0,793	0,770	0,707	0,645	0,595	0,555
B) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,521	0,482	0,504	0,479	0,415	0,426	0,343	0,277	0,213	0,164
*) einschl. Erzeugung in Pumpspeichern, anorganischer Müll u.a. feste Brennstoffe										
**) KWK- Bruttoerzeugung einschließlich Biomasse, Geothermie										
***) insbesondere Wind (90-95%), PV(~99%); unvorhergeseh. Ausfälle ; näherungsweise Abschätzung										
A) bezogen auf fossilen Strom; B) bezogen auf gesamte Stromerzeugung										
SZEN-GROKO-II ; 12.05.14										

Tabelle A5: Strombilanz: Bruttostromerzeugung, Importsaldo, Endenergie Strom

Bruttostromerzeugung und Strombilanz 1995 bis 2060 (TWh/a)											
Szenario GROKO-II											
Bruttostromerzeugung 1)	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	487,7	462,4	440,1	428,1	403	329	260	199	166	145	140
-Kohlen	276,8	269,5	256,2	275,2	268	225	225	168	130	100	79
-Erdgas/Heizöl	37,8	44,1	43,1	25,3	14	10	19	26	35	44	54
- Wasserstoff					0	0	0	0	0	1	7
-Kernenergie	163,0	148,8	140,8	97,0	92	67	0	0	0	0	0
- Biomasse	10,1	20,4	22,4	30,6	30	27	16	5	0	0	0
KWK-Strom (TWh/a)	80,0	86,5	93,5	95,3	97	103	108	112	115	114	110
-Kohlen, Müll	27,9	27,2	26,9	26,8	27	28	28	27	25	20	16
-Erdgas/Heizöl	47,9	51,9	54,7	51,2	52	55	59	64	70	69	62
- Wasserstoff					0	0	0	0	0	2	9
-Biomasse	4,3	7,4	12,0	17,3	18	20	21	21	20	23	23
EE (ohne Biomasse)	48,1	65,4	70,5	104,6	124	183	237	285	337	408	485
-Wasser	19,6	20,4	21,0	21,2	21	21	22	22	22	22	22
-Wind	27,2	40,6	37,8	53,4	68	115	155	189	225	251	275
-Photovoltaik	1,3	4,4	11,7	30,0	35	47	59	66	56	58	60
-Geothermie	0	0	0	0,0	0	0	0	1	2	4	5
-Import EE	0	0	0	0,0	0	0	1	6	32	73	122
1 Gesamt Bruttoerzeugung	615,8	634,7	626,5	628,1	625	615	605	595	618	667	735
-fossil	390,4	392,7	380,9	378,5	361	318	331	285	260	233	211
-nuklear	163,0	148,8	140,8	97,0	92	67	0	0	0	0	0
-regenerativ	62,4	93,2	104,8	152,5	172	230	274	310	358	431	509
- Wasserstoff					0	0	0	0	0	3	16
2 Eigenverbrauch Kraftwerke	40,0	38,3	36,0	36,0	36	36	35	33	31	28	25
3 Nettoerzeugung (1 - 2)	575,8	596,4	590,5	592,1	589	579	570	562	587	639	710
NETTO/BRUTTO	0,935	0,940	0,943	0,943	0,942	0,941	0,942	0,945	0,950	0,958	0,966
4 Import (fossil, nuklear)	53,4	40,2	42,2	38,4	39	38	37	36	35	35	30
5 Gesamtes Aufkommen (3 + 4)	629,2	636,6	632,7	630,5	628	617	607	598	622	674	740
6 Eigenverwendung Industrie 2)	27,0	27,0	27,0	30,0	33	35	35	35	35	35	35
7 Netzeinspeisung (5 - 6) 3)	602,2	609,6	605,7	600,5	595	582	572	563	587	639	705
8 Export	61,9	62,7	59,9	72,2	70	62	52	44	35	35	30
9 Netzverluste, Verluste Pumpsp. Stat. Differenzen	31,1	32,1	27,0	27,0	29	31	32	32	33	35	36
10 Gesamtverbrauch aus Netz	509,2	514,8	518,8	501,3	496	489	488	487	519	569	639
11 Private Haushalte (Endenergie)	141,4	139,4	141,0	135,0	133	130	127	125	122	120	120
12 Kleinverbrauch (Endenergie) 4)	127,0	130,2	140,1	138,0	137	133	131	129	127	125	125
13 Verkehr (Endenergie)	16,2	16,3	16,5	17,0	19	25	31	39	51	62	69
14 Netzbezug Industrie	225	229	221	211	207	201	199	194	188	187	184
15 Wasserstofferzeugung	0	0	0	0,0	0	0	0	0	30	75	141
Ableitung Endenergie:											
16 Gesamtverbrauch Industrie (=Bezug +Eigenverwendung)	251,6	255,9	248,2	241,3	240	236	234	229	223	222	219
17 Verbrauch Kohlebergbau, Mineralölwirtschaft u.a.	18,4	17,6	18,3	18,3	18	17	15	13	10	7	3
18 Industrie lt. Energiebilanz (= Endenergieverbrauch)	233,2	238,3	229,9	223,0	222	219	219	216	213	215	216
19 Gesamte Endenergie Strom (11+12+13+18)	517,8	524,2	527,5	513,0	511	507	508	509	514	522	530
Verh. (19)/(3) = END/NETTO	0,899	0,879	0,893	0,866	0,868	0,876	0,891	0,906	0,876	0,817	0,746
Verh. (19)/(1) = END/BRUTTO	0,841	0,826	0,842	0,817	0,818	0,824	0,840	0,855	0,832	0,783	0,721
20 Bruttostromverbrauch (1 + 4 - 8); ohne PS-Erzeug.	607,3	612,2	608,8	594,3	594	591	590	587	618	667	735
21 Nettostromverbrauch (20 - 2 - 9)	536,2	541,8	545,8	531,3	529	524	523	522	554	604	674

Tabelle A6: Erdgas- und Kohleeinsatz

Erdgaseinsatz, PJ/a	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	298	339	196	104	71	151	208	266	308	366
Kraft-Wärme-Kopplung	667	688	637	623	642	666	695	735	704	618
Raumheizung, WW; direkt	1410	1270	1300	1345	1345	1320	1220	1132	1080	1070
Prozesswärme; direkt	720	700	815	835	840	890	900	960	990	960
Kraftstoffe	0	25	30	40	50	60	80	90	100	100
NE-Verwendung	56	62	80	88	107	115	124	132	140	138
Verluste	99	87	48	98	89	87	80	65	57	54
Primärenergieeinsatz	3250	3171	3106	3133	3144	3290	3307	3379	3379	3307
Kohleeinsatz, PJ/a (Braun- und Steinkohle)	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	2622	2413	2559	2458	2039	2008	1483	1148	882	692
Kraft-Wärme-Kopplung	366	362	366	340	336	314	300	261	202	160
Prozess-, Raumwärme	487	419	425	380	320	250	200	150	75	0
Verluste	154	286	273	207	161	151	117	92	71	52
Primärenergieeinsatz	3629	3480	3624	3385	2856	2723	2100	1651	1230	904

SZEN-GROKO-II ; 12.05.14

Tabelle A7: Struktur des Energieverbrauchs und CO₂-Emissionen im Verkehr

	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Personenverkehr											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	1752	1699	1702	1714	1667	1524	1409	1281	1001	666	451
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	116	107	107	107	106	138	163	174	235	343	381
- CO2 (Mio. t/a)	116	119	117	118	113	102	90	79	59	39	23
- Strom (PJ/a)	33	33	33	35	40	56	76	103	143	177	201
CO2 (Mio. t/a)	5	5	5	6	7	8	11	12	13	14	13
Endenergie (PJ/a)	1901	1840	1843	1856	1812	1718	1647	1558	1379	1186	1034
CO2 (Mio. t/a)	121	124	123	124	119	110	101	91	72	52	36
Güterverkehr											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	642	680	666	713	739	795	803	770	734	686	545
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	18	25	21	11	24	22	37	76	95	86	142
- CO2 (Mio. t/a)	50	50	48	51	53	56	57	55	51	43	33
- Strom (PJ/a)	26	26	26	26	28	33	35	38	41	45	48
CO2 (Mio. t/a)	5	4	4	5	5	5	5	4	4	3	3
Endenergie (PJ/a)	685	730	713	750	792	851	874	884	870	817	736
CO2 (Mio. t/a)	55	54	52	55	58	61	62	60	55	46	36
Verkehr gesamt											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	2394	2379	2369	2427	2406	2320	2211	2050	1735	1352	996
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	134	132	128	118	130	160	200	250	330	430	524
- Strom (PJ/a)	58	59	59	61	68	89	111	141	184	222	250
Endenergie (PJ/a)	2586	2570	2556	2606	2604	2569	2522	2442	2250	2004	1770
CO2 (Mio. t/a)	176	178	175	179	177	171	163	150	127	98	72

SZEN-GROKO-II ; 12.05.14

Tabelle A8: Jährliche Brutto-Leistungsinstallation (Neubau und Ersatz) erneuerbarer Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

Jährliche Brutto-Leistungsinstallation; MW/a								SZEN 2014: GROKO-II					
	STROM (MWe/a)							Strom gesamt MWe/a		WÄRME (MWth/a)			Wärme gesamt MWth/a
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Stromimport	Biomasse *)			Biomasse **)	Kollektoren	Umweltwärme Geothermie	
2000	0	1662	0	44	0	0	105	1811	2000	2302	428	100	2830
2001	24	2641	0	120	0	0	124	2909	2001	2708	622	111	3441
2002	130	3238	0	150	0	0	203	3721	2002	2442	482	111	3035
2003	40	2617	0	180	0	0	398	3235	2003	2874	577	130	3581
2004	45	2019	0	512	0	0	259	2835	2004	2269	641	150	3059
2005	242	1763	0	980	0	0	664	3649	2005	1957	746	175	2879
2006	48	2194	0	1020	0	0	666	3928	2006	1775	935	525	3235
2007	15	1616	0	1271	3	0	479	3384	2007	1438	708	530	2675
2008	15	1637	5	1813	0	0	376	3846	2008	1283	984	840	3108
2009	172	1837	15	4446	4	0	666	7140	2009	1225	984	733	2942
2010	92	1405	60	6948	0	0	534	9039	2010	1157	1025	730	2913
2011	242	1910	123	7486	0	0	594	10355	2011	904	846	665	2414
2012	10	2224	100	7608	4	0	405	10351	2012	600	908	800	2308
2013	26	2996	207	3308	19	0	343	6899	2013	438	721	840	1999
2014	35	2854	760	2800	3	0	101	6553	2014	715	901	900	2516
2015	39	2955	830	2500	3	0	97	6424	2015	1536	956	930	3422
2016	46	3016	860	2500	3	0	90	6515	2016	2576	1012	970	4558
2017	43	3140	870	2500	3	0	99	6655	2017	3189	1068	975	5232
2018	46	3150	880	2500	3	0	95	6674	2018	3586	1124	980	5689
2019	52	3150	890	2500	3	0	106	6701	2019	3371	1183	985	5539
2020	60	3150	900	2500	3	0	106	6719	2020	3480	1243	990	5712
2025	66	3225	860	2500	10	50	103	6883	2025	2745	1409	1070	5224
2030	71	3300	856	2500	15	200	105	7047	2030	2010	1575	1150	4735
2035	71	3400	950	3000	20	350	132	7924	2035	1691	1855	1200	4746
2040	72	3500	1000	3500	25	550	120	8766	2040	2087	2170	1250	5507
2045	75	3500	1100	3200	30	650	147	8702	2045	2869	2100	1300	6269
2050	78	3500	1200	2700	40	900	150	8568	2050	2733	2170	1300	6203
2055	81	3500	1300	3200	45	1100	150	9376	2055	2046	2240	1300	5586
2060	84	3500	1400	3500	50	1400	142	10076	2060	1746	2310	1300	5356
Mittelwert 2000 - 2013	79	2126	36	2563	2	0	416	5222	Mittelwert 2000 - 2013	1669	758	460	2887
Mittelwert 2014-2030	59	3179	857	2518	9	74	102	6817	Mittelwert 2014-2030	2484	1318	1049	4851
Mittelwert 2030-2060	88	4033	1301	3600	38	858	158	10076	Mittelwert 2030-2060	2530	2403	1467	6400

*)ohne biogene Abfälle

**) nur Heizanlagen, Heizwerke

ARES14-GROKO-II, 14.5.14

Tabelle A9: Jährliche Netto-Leistungsin­stallation (Neubau und Ersatz) erneuerbarer Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

Jährlicher Leistungszuwachs (netto); MW/a								SZEN 2014: GROKO-II					
	STROM (MWe/a)							Strom gesamt MWe/a	WÄRME (MWth/a)			Wärme gesamt MWth/a	
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Stromimport	Biomasse)		Biomasse **)	Kollektoren	Umweltwärme Geothermie		
2000	0	1662	0	44	0	0	105	1811	2000	2302	428	72	2803
2001	0	2641	0	120	0	0	124	2885	2001	2708	622	96	3426
2002	106	3238	0	150	0	0	203	3697	2002	2442	482	93	3017
2003	16	2617	0	180	0	0	398	3211	2003	2874	577	109	3560
2004	19	2019	0	512	0	0	259	2809	2004	2269	641	126	3035
2005	218	1763	0	980	0	0	664	3625	2005	1957	746	148	2852
2006	24	2193	0	1020	0	0	666	3903	2006	1775	935	494	3204
2007	-9	1615	0	1271	3	0	479	3358	2007	1438	708	495	2640
2008	-9	1632	5	1813	0	0	376	3817	2008	1283	984	800	3068
2009	148	1817	15	4446	4	0	666	7096	2009	1225	984	689	2898
2010	68	1380	60	6948	0	0	534	8989	2010	1157	976	682	2815
2011	217	1859	123	7485	0	0	594	10279	2011	904	765	609	2278
2012	-15	2126	100	7604	4	0	405	10223	2012	600	823	734	2156
2013	0	2760	207	3305	19	0	335	6626	2013	438	616	760	1814
2014	4	2500	760	2797	3	0	76	6140	2014	77	777	804	1658
2015	4	2500	830	2494	3	0	48	5878	2015	48	806	816	1671
2016	6	2500	860	2490	3	0	14	5873	2016	25	844	837	1706
2017	-2	2501	870	2486	3	0	2	5859	2017	0	841	828	1668
2018	-4	2210	880	2488	3	0	-21	5556	2018	-29	844	824	1638
2019	-3	1893	890	2484	3	0	-73	5195	2019	-201	798	823	1420
2020	0	1654	900	2456	3	0	-97	4917	2020	-241	804	828	1391
2025	1	1147	860	2344	7	63	-304	4118	2025	-76	787	935	1230
2030	2	1210	840	1483	12	125	-346	3326	2030	-58	648	478	1069
2035	-2	812	546	-776	14	238	-176	656	2035	0	989	373	1362
2040	-4	379	120	-1743	18	450	21	-759	2040	0	1044	270	1314
2045	-3	250	240	200	21	575	44	1326	2045	7	700	230	937
2050	-3	200	344	200	23	650	45	1458	2050	7	595	150	752
2055	-3	100	350	200	25	725	18	1415	2055	7	385	100	492
2060	-2	0	400	0	25	800	22	1245	2060	7	140	50	197
Mittelwert 2000 - 2013	56	2094	36	2563	2	0	415	5167	Mittelwert 2000 - 2013	1669	735	422	2826
Mittelwert 2014-2025	1	1791	858	2451	5	26	-131	5001	Mittelwert 2014-2025	-58	804	869	1442
Mittelwert 2026-2050	-1	675	495	318	16	359	-124	1738	Mittelwert 2026-2050	-25	766	390	1071
Mittelwert 2014 - 2020	1	2251	856	2528	3	0	-7	5631	Mittelwert 2014 - 2020	-46	816	823	1593

*)ohne biogene Abfälle

ARES14-GROKO-II 14.5.14

Tabelle A10: Jährliche und kumulierte Investitionen (Zehn- bzw. Zwanzigjahresperiode) in erneuerbare Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

Jährliche und kumulierte Investitionen (Mio EUR/a und Mio EUR); Nahwärmenetze zugeordnet								SZEN 2014: GROKO-II		
	Wasser	Wind	Photovolt.	Strom- import	Kollekt. einschließlich Nahwärmenetze	(Strom+Wärme) Biomasse*) Geothermie	Gesamt einschließl. Nahwärme	davon Wärme ***)	davon Strom ****)	
2000	90	2825	264	0	490	2879	160	6708	2928	3779
2001	50	4437	684	0	710	3377	200	9458	3605	5853
2002	265	5359	810	0	550	3401	194	10579	3215	7364
2003	96	4266	918	0	654	4950	224	11108	3980	7128
2004	92	3240	2458	0	722	2956	248	9715	3348	6367
2005	494	2786	4508	0	836	3494	290	12407	3383	9024
2006	113	3412	4488	0	1041	5421	820	15294	3893	11402
2007	47	2472	5211	0	788	8660	848	18026	3656	14371
2008	47	2486	6708	0	1102	4874	1236	16455	3797	12658
2009	375	2786	14672	0	1110	5255	1100	25298	3861	21437
2010	209	2321	20149	0	1170	4523	1034	29406	4357	25049
2011	535	3319	17966	0	952	4008	911	27691	3031	24661
2012	32	3761	14455	0	1009	6875	1106	27238	3000	24238
2013	68	5277	4962	0	790	3483	1270	15849	2765	13084
2014	88	7195	3780	0	961	780	1175	13980	2703	11276
2015	98	7415	3125	0	978	1442	1196	14254	3397	10857
2016	115	7388	3000	0	991	2080	1225	14798	4123	10676
2017	107	7325	2875	0	1014	2422	1211	14954	4481	10474
2018	115	7158	2750	0	1034	2579	1196	14832	4666	10166
2019	131	6974	2625	0	1044	2234	1180	14188	4425	9763
2020	152	6787	2500	0	1050	2223	1155	13868	4439	9429
2025	182	6245	2375	195	1021	2072	1258	13347	4404	8944
2030	189	5771	2250	820	961	2151	1354	13496	3442	10054
2035	191	5861	2640	1445	1034	2466	1524	15161	3815	11345
2040	193	5915	3010	2180	1119	1911	1654	15981	4339	11642
2045	201	5973	2688	2455	1001	2039	1617	15973	4377	11596
2050	210	6015	2214	3260	928	2832	1595	17054	4009	13045
2055	221	6108	2592	3700	912	2348	1544	17424	3410	14013
2060	232	6195	2800	4660	905	1310	1562	17664	3209	14455
D 90 bis 13	306	2364	4116	0	590	3178	478	11031	2593	8438
Kum 90 - 13	7341	56730	98783	0	14156	76264	11480	264755	62231	202524
D 13 - 30	301	4992	2114	258	917	4691	619	10460	3357	7104
Kum 14-30	5121	84872	35935	4380	15581	46910	6195	177826	57064	120762
D 31 - 50	199	5941	2638	2335	1020	2813	1163	16042	4135	11907
Kum 31-50	3974	118819	52760	46700	20405	28126	11625	320849	82702	238147
D 51 - 60	226	6151	2696	4180	909	2150	1448	17544	3309	14234
Kum 41-60	2263	61513	26960	41800	9085	42997	28955	175437	33094	142343
D 90 bis 60	1032	19448	11564	6773	3435	2132	1579	55078	13394	41684
Kumuliert	18700	321933	214438	92880	59226	42642	31589	938867	235092	703775
*) einschl. Bio-, Klär- und Deponiegasanlagen						**) Nahwärmenetze komplett "Wärme" zugeordnet				
) einschließlich Umweltwärme						*) Spalte "KWK" zu Strom				

ARES14-GROKO-II; 14.5.14

Anhang II: Weitere Daten zu Szenario 100-II

Tabelle A11: Endenergiestruktur, Primärenergieverbrauch, CO₂- Emissionen

Endenergie- und Primärenergieverbrauch; CO ₂ -Emissionen												
Szenario 100-II												
PJ/a	2005	2008	2010	temp. 2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Gesamte Endenergie	9127	9159	9310	9123	9288	8753	8154	7572	7048	6296	5593	4970
2008 = 100	99,7	100,0	101,6	99,6	101,4	95,6	89,0	82,7	77,0	68,7	61,1	54,3
nach Energieträgern												
Elektrizität	1864	1887	1899	1899	1847	1818	1750	1742	1814	1962	2066	2189
Solarwärme	10	15	20	20	24	29	50	87	130	216	259	288
Umweltwärme/Geothermie	8	16	25	25	34	43	87	156	219	319	346	379
Biomassewärme (KWK, Heizw. und Einzelheiz; Öffentl. +Industrie)	304	308	419	401	420	433	477	490	495	499	502	504
KWK-Wärme über Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	68	145
Fossile Fern- +Nahwärme	425	434	427	401	403	393	397	409	379	329	258	154
Industrielle KWK-Wärme, fossil	281	270	277	277	245	230	216	202	180	142	96	43
Erdgas (Wärme + Kraftstoff)	1982	1975	1995	1920	2130	1945	1880	1670	1520	1105	690	225
Steinkohlen	487	450	450	445	425	370	290	200	140	50	0	0
Mineralöl (Wärme + Kraftstoff)	3735	3672	3670	3607	3643	3363	2827	2395	1897	1284	724	243
EE-Kraftstoffe (H2 + Bio)	81	132	128	128	118	130	180	220	273	371	584	800
EE-Anteile												
EE-Strom,(Endenergie), ges.	225	336	377	377	549	619	873	1138	1364	1772	1935	2143
-Anteil an gesamt (%)	12,1	17,8	19,9	19,9	29,7	34,0	49,9	65,3	75,2	90,3	93,6	97,9
EE-Wärme, gesamt	322	339	464	446	478	505	614	733	845	1052	1175	1316
- Anteil an gesamt (%)	6,7	7,1	9,4	9,4	9,8	11,1	14,6	19,4	25,1	38,6	53,0	74,6
EE-Kraftstoffe	81	132	128	128	118	130	180	220	273	371	584	800
- Anteil an gesamt (%)	3,2	5,3	5,1	5,1	4,6	5,5	8,2	10,7	14,6	23,1	44,7	78,6
EE-Gesamt	628	807	969	951	1145	1254	1667	2091	2482	3196	3694	4260
Anteil an Endenergie (%)	6,9	8,8	10,4	10,4	12,3	14,3	20,4	27,6	35,2	50,8	66,0	85,7
Umwandlungsverl. Strom (Tab.3b)	3305	3270	3125	3125	2822	2562	1897	1180	817	362	280	184
Umwandlungsverl. Übrige *)	1012	939	748	737	798	1036	1000	961	984	983	1092	1281
Umwandlungsverl. insgesamt	4317	4209	3873	3862	3620	3598	2897	2142	1801	1344	1372	1465
- Anteil an PEV (%)	29,7	29,3	27,2	27,5	26,0	27,0	24,1	20,1	18,4	15,7	17,4	19,9
Nichtenerg. Verbrauch	1114	1012	1034	1034	1000	980	970	960	950	940	930	920
- Anteil an PEV (%)	7,7	7,0	7,3	7,4	7,2	7,4	8,1	9,0	9,7	11,0	11,8	12,5
Primärenergie	14558	14380	14217	14019	13908,0	13331	12021	10673	9799	8580	7896	7355
2008 = 100	101,2	100,0	98,9	97,5	96,7	92,7	83,6	74,2	68,1	59,7	54,9	51,1
Mineralöl	5162	4905	4684	4596	4634	4502	3897	3412	2856	2195	1586	1062
Steinkohlen, Sonstige1), nicht bio.Müll	2033	2010	1968	1928	1997	1750	1338	1037	663	261	119	31
Braunkohlen	1596	1554	1512	1512	1627	1424	894	767	478	39	0	0
Erdgas	3250	3222	3171	3101	3106	2978	2981	2826	2677	2109	1495	725
Fossile Primärenergie	12041	11691	11335	11137	11364	10654	9110	8042	6674	4604	3200	1819
-- Fossil ohne NE-Verbrauch	10927	10679	10301	10103	10364	9674	8140	7082	5724	3664	2270	899
Kernenergie	1778	1623	1533	1533	1061	1004	731	0	0	0	0	0
EE - Inland und Import 2)	769	1147	1413	1413	1605	1785	2266	2685	3154	3976	4696	5536
Importsaldo Nicht-EE-Strom	-31	-81	-64	-64	-122	-112	-86	-54	-29	0	0	0
Anteil EE an PEV (%),	5,3	8,0	9,9	10,1	11,5	13,4	18,9	25,2	32,2	46,3	59,5	75,3
Anteil EE an PEV ohne NE (%),	5,7	8,6	10,7	10,9	12,4	14,5	20,5	27,6	35,6	52,0	67,4	86,0
A CO₂-Emissionen, (Mio t/a)												
- Energie + Industrieprozesse**)	862	851	829	814	834	771	627	538	419	249	149	56
1990 = 100 (1042 Mio.t/a)	82,7	81,7	79,5	78,2	80,0	74,0	60,2	51,6	40,2	23,9	14,3	5,3
Vermied. CO ₂ -Emissionen seit 1990	180	191	213	228	208	271	415	504	623	793	893	986
CO₂-Intens.fossil, (Mio t/PJ)	0,0789	0,0797	0,0804	0,0806	0,0804	0,0797	0,0770	0,0759	0,0732	0,0680	0,0656	0,0620
CO₂-Intens. ges (Mio t/PJ)	0,0641	0,0637	0,0629	0,0627	0,0646	0,0625	0,0567	0,0554	0,0473	0,0326	0,0214	0,0087

Tabelle A12: Sektoraler Energieverbrauch, Umwandlungsverluste und resultierender Primärenergieverbrauch (Szenario 100-II)

	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Private Haushalte	2584	2591	2676	2554	2425	2228	2036	1861	1615	1420	1268
GHD	1478	1437	1483	1460	1360	1250	1170	1095	995	918	850
Industrie	2421	2514	2592	2668	2527	2395	2215	2087	1915	1753	1595
Verkehr	2752	2585	2559	2606	2441	2280	2151	2005	1770	1502	1257
NE-Verbrauch	1068	1114	1034	1000	980	970	960	950	940	930	920
Umwandl. Strom	3130	3305	3125	2822	2562	1897	1180	817	362	280	184
Umwandl. Übrige	969	1012	748	798	1036	1000	961	984	983	1092	1281
Gesamt	14401	14558	14217	13908	13331	12021	10673	9799	8580	7896	7355
davon Endenergie	9235	9127	9310	9288	8753	8154	7572	7048	6296	5593	4970

SZEN-100-II; 10.07.14

Tabelle A13: CO₂-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsbereichen

	CO ₂ -Vermeidung nach Verbrauchssektoren					Szenario 100-II					
	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Industrie											
- Wärme (PJ/a)*	1675	1729	1764	1865	1740	1667	1493	1346	1097	907	708
- CO ₂ (Mio. t/a)	127	128	125	128	121	106	87	71	47	29	12
- Strom (PJ/a)	839	858	828	803	787	728	722	741	818	846	887
- CO ₂ (Mio. t/a)	146	145	133	139	125	87	76	51	18	11	4
Endenergie (PJ/a)	2514	2587	2592	2668	2527	2395	2215	2087	1915	1753	1595
CO₂ (Mio. t/a)	273	274	258	267	246	194	163	122	65	40	17
GHD											
- Wärme (PJ/a)	980	974	979	963	870	775	706	623	502	396	310
- CO ₂ (Mio. t/a)	74	72	70	66	61	49	41	33	21	12	5
- Strom (PJ/a)	457	469	504	497	490	475	464	472	493	522	540
CO ₂ (Mio. t/a)	80	79	81	86	78	57	49	33	11	7	3
Endenergie (PJ/a)	1437	1443	1483	1460	1360	1250	1170	1095	995	918	850
CO₂ (Mio. t/a)	154	152	150	152	138	106	90	65	32	19	8
Haushalte											
- Wärme (PJ/a)	2082	2056	2168	2068	1950	1764	1582	1389	1129	916	746
- CO ₂ (Mio. t/a)	157	152	154	142	136	112	93	73	48	29	13
- Strom (PJ/a)	509	502	508	486	475	464	454	472	486	504	522
CO ₂ (Mio. t/a)	89	85	81	84	75	56	48	33	11	7	3
Endenergie (PJ/a)	2591	2558	2676	2554	2425	2228	2036	1861	1615	1420	1268
CO₂ (Mio. t/a)	246	237	236	226	211	168	140	106	59	36	16
Verkehr											
- Kraftstoffe (PJ/a)	2476	2513	2497	2545	2375	2198	2048	1875	1606	1307	1017
- CO ₂ (Mio. t/a)	176	178	175	179	166	149	134	117	90	52	14
- Strom (PJ/a)	58	59	59	61	66	82	103	130	165	194	240
CO ₂ (Mio. t/a)	10	10	10	11	10	10	11	9	4	3	1
Endenergie (PJ/a)	2534	2572	2556	2606	2441	2280	2151	2005	1770	1502	1257
CO₂ (Mio. t/a)	186	188	184	190	176	159	145	126	93	54	15
Alle Sektoren (wie Tab. 5c)											
- Wärme (PJ/a)	4787	4759	4911	4896	4560	4205	3781	3359	2728	2219	1764
CO₂ (Mio. t/a)	362	352	349	335	317	268	221	177	116	70	31
- Strom (PJ/a)	1864	1887	1899	1847	1818	1750	1742	1814	1962	2066	2189
CO₂ (Mio. t/a)	324	320	305	319	289	210	183	125	44	27	11
- Kraftstoffe (PJ/a)	2476	2513	2497	2545	2375	2198	2048	1875	1606	1307	1017
CO₂ (Mio. t/a)	176	178	175	179	166	149	134	117	90	52	14
Endenergie (PJ/a)	9127	9159	9307	9288	8753	8154	7572	7048	6296	5593	4970
Gesamtes CO₂ (Mio. t/a)	862	851	828	834	771	627	538	419	249	149	56

*) nur Brennstoffe; einschl. Mineralöl in Spalte "stationäre Kraft" (Tabellen, Blatt D)

SZEN-100-II; 10.07.14

Tabelle A14: Übersichtstabelle Stromerzeugung (Szenario 100-II)

Stromerzeugung, TWh/a	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kernenergie	163	141	97	92	67	0	0	0	0	0
Steinkohle, übrige *)	157	144	145	136	109	91	61	30	22	13
Braunkohle	154	146	162	145	92	80	50	4	0	0
Erdgas, Öl, übr. Gase	86	98	77	77	84	90	93	81	64	32
Windenergie	27	38	53	68	118	172	227	316	392	464
Solarstrahlung	1	12	30	36	53	72	91	162	244	352
Biomasse, Wasser, Erdwärme	34	55	69	71	78	83	87	94	104	122
EE-Wasserstoff		0	0	0	0	0	0	7	29	61
Gesamte Bruttostromerzeugung	623	633	633	625	601	588	609	695	855	1045
Erneuerbare Stromerzeugung	62	105	153	175	249	327	405	580	770	1000
Fossile Stromerzeugung	397	387	384	358	284	261	204	115	85	45
KWK-Erzeugung**)	80	93	95	100	114	130	138	137	134	134
Bruttostromverbrauch*)	614	615	600	594	577	573	601	695	855	1045
Endenergie Strom	518	528	513	505	486	484	504	545	574	608
Installierte Leistung, GW	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kernenergie	21,4	21,5	12,7	11,4	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle, Sonstige Brst.	33,4	35,6	35,8	34,2	29,1	26,6	18,9	9,7	6,1	2,3
Braunkohle	22,0	22,7	24,9	22,4	14,7	14,1	11,1	1,0	0,0	0,0
Erdgas, Öl,	26,2	29,0	28,0	29,4	30,8	31,9	38,6	36,0	25,2	11,7
Windenergie	18,4	27,2	34,3	40,9	57,7	72,9	89,9	114,2	130,0	144,5
Solar (PV + CSP)	2,1	17,6	36,0	42,8	61,5	78,4	86,1	107,0	125,5	147,6
Biomasse, Wasser, Erdwärme	7,7	11,0	12,6	12,7	14,0	14,9	16,1	18,6	20,1	24,5
EE-Wasserstoff						0,0	0,2	3,1	11,6	22,1
Pumpspeicher, andere Sp.	6,5	6,5	6,0	6,0	7,5	8,0	9,0	10,0	10,0	10,0
Gesamte Bruttoleistung	138	171	190	200	224	247	270	300	329	363
Nicht jederzeit einsetzbar ***)	38	68	87	100	130	159	182	210	233	256
Gesicherte Leistung, brutto	100	103	103	100	94	88	88	90	96	107
Bruttohöchstlast	82	84	82	81	77	75	77	81	84	89
Als Reserve verbleibend	18	19	21	19	17	13	11	9	12	18
CO2-Emissionen (Mio. t/a)	324	305	319	289	210	183	125	44	27	11
A) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,816	0,787	0,833	0,807	0,739	0,700	0,612	0,380	0,322	0,241
B) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,521	0,482	0,505	0,462	0,350	0,310	0,205	0,063	0,032	0,010
*) einschl. Erzeugung in Pumpspeichern, anorganischer Müll u.a. feste Brennstoffe										
**) KWK- Bruttoerzeugung einschließlich Biomasse, Geothermie										
***) insbesondere Wind (90-95%), PV (~99%); unvorhergesehen. Ausfälle ; näherungsweise Abschätzung										
A) bezogen auf fossilen Strom; B) bezogen auf gesamte Stromerzeugung										

SZEN-100-II ; 10.07.14

Tabelle A15: Strombilanz: Bruttostromerzeugung, Importsaldo, Endenergie Strom

Bruttostromerzeugung und Strombilanz 1995 bis 2060 (TWh/a)											
Szenario 100-II											
Bruttostromerzeugung 1)	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	487,7	462,4	440,1	428,2	394	286	182	119	39	36	31
-Kohlen	276,8	269,5	256,2	275,4	250	168	140	83	11	5	0
-Erdgas/Heizöl	37,8	44,1	43,1	25,3	22	22	20	19	11	7	0
- Wasserstoff					0	0	0	0	3	15	30
-Kernenergie	163,0	148,8	140,8	97,0	92	67	0	0	0	0	0
- Biomasse	10,1	20,4	22,4	30,6	30	29	22	17	13	10	0
KWK-Strom (TWh/a)	80,0	86,5	93,5	95,3	99	114	129	137	135	131	129
-Kohlen, Müll	27,9	27,2	26,9	26,8	25	25	23	19	13	7	3
-Erdgas/Heizöl	47,9	51,9	54,7	51,2	55	62	70	75	70	57	32
- Wasserstoff					0	0	0	0	4	15	31
-Biomasse	4,3	7,4	12,0	17,3	19	27	37	43	48	52	62
EE (ohne Biomasse)	48,1	65,4	70,5	104,6	126	194	269	344	511	678	875
-Wasser	19,6	20,4	21,0	21,2	21	22	23	23	24	25	26
-Wind	27,2	40,6	37,8	53,4	68	118	172	227	316	392	464
-Photovoltaik	1,3	4,4	11,7	30,0	36	53	69	76	87	94	101
-Geothermie	0	0	0	0,0	0	0	1	3	9	17	34
-Import EE	0	0	0	0,0	0	0	3	15	75	150	251
1 Gesamt Bruttoerzeugung	615,8	634,7	626,5	628,1	619	593	580	600	685	845	1035
-fossil	390,4	392,7	380,9	378,6	352	277	253	195	105	75	35
-nuklear	163,0	148,8	140,8	97,0	92	67	0	0	0	0	0
-regenerativ	62,4	93,2	104,8	152,5	175	249	327	404	573	740	938
- Wasserstoff					0	0	0	0	7	29	61
2 Eigenverbrauch Kraftwerke	40,0	38,3	36,0	36,0	36	35	34	33	31	28	26
3 Nettoerzeugung (1 - 2)	575,8	596,4	590,5	592,1	583	558	546	567	654	817	1009
NETTO/BRUTTO	0,935	0,940	0,943	0,943	0,942	0,941	0,941	0,945	0,955	0,967	0,975
4 Import (fossil, nuklear)	53,4	40,2	42,2	38,4	39	38	37	36	35	35	30
5 Gesamtes Aufkommen (3 + 4)	629,2	636,6	632,7	630,5	622	596	583	603	689	852	1039
6 Eigenverwendung Industrie 2)	27,0	27,0	27,0	30,0	33	34	35	35	35	35	35
7 Netzeinspeisung (5 - 6) 3)	602,2	609,6	605,7	600,5	589	562	548	568	654	817	1004
8 Export	61,9	62,7	59,9	72,2	70	62	52	44	35	35	30
9 Netzverluste, Verluste Pumpsp. Stat. Differenzen	31,1	32,1	27,0	27,0	29	31	32	32	33	35	36
10 Gesamtverbrauch aus Netz	509,2	514,8	518,8	501,3	490	469	464	492	586	747	938
11 Private Haushalte (Endenergie)	141,4	139,4	141,0	135,0	132	129	126	131	135	140	145
12 Kleinverbrauch (Endenergie) 4)	127,0	130,2	140,1	138,0	136	132	129	131	137	145	150
13 Verkehr (Endenergie)	16,2	16,3	16,5	17,0	18	23	28	36	46	54	67
14 Netzbezug Industrie	225	229	221	211	204	185	181	184	203	208	216
15 Wasserstoffherzeugung	0	0	0	0,0	0	0	0	10	65	200	360
Ableitung Endenergie:											
16 Gesamtverbrauch Industrie (=Bezug +Eigenverwendung)	251,6	255,9	248,2	241,4	237	219	216	219	238	243	251
17 Verbrauch Kohlebergbau, Mineralölwirtschaft u.a.	18,4	17,6	18,3	18,3	18	17	15	13	11	8	5
18 Industrie lt. Energiebilanz (= Endenergieverbrauch)	233,2	238,3	229,9	223,0	219	202	201	206	227	235	246
19 Gesamte Endenergie Strom (11+12+13+18)	517,8	524,2	527,5	513,0	505	486	484	504	545	574	608
Verh. (19)/(3) = END/NETTO	0,899	0,879	0,893	0,866	0,866	0,871	0,886	0,889	0,833	0,703	0,603
Verh. (19)/(1) = END/BRUTTO	0,841	0,826	0,842	0,817	0,816	0,820	0,834	0,840	0,796	0,679	0,587
20 Bruttostromverbrauch (1 + 4 - 8); ohne PS-Erzeug.	607,3	612,2	608,8	594,3	588	569	565	592	685	845	1035
21 Nettostromverbrauch (20 - 2 - 9)	536,2	541,8	545,8	531,3	523	503	499	527	621	782	973

Tabelle A16: Struktur des Erdgas- und Kohleeinsatzes

Erdgaseinsatz, PJ/a	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	298	339	196	174	168	160	149	85	48	0
Kraft-Wärme-Kopplung	667	688	637	662	717	765	771	692	538	295
Raumheizung, WW; direkt	1410	1270	1300	1170	1110	890	760	425	90	0
Prozesswärme; direkt	720	700	815	755	755	740	710	615	515	104
Kraftstoffe	0	25	30	35	30	60	80	90	100	125
NE-Verwendung	56	62	80	88	107	115	124	132	140	138
Verluste	99	87	48	94	95	96	83	71	64	62
Primärenergie	3250	3171	3106	2978	2981	2826	2677	2109	1495	725
Kohleeinsatz, PJ/a (Braun- und Steinkohle)	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kond. Kraftwerke	2622	2413	2561	2294	1526	1249	736	98	39	0
Kraft-Wärme-Kopplung	366	362	366	313	289	251	195	125	66	25
Prozess-, Raumwärme	487	419	425	370	290	200	140	50	0	0
Verluste	154	286	272	197	127	104	70	27	14	6
Primärenergie	3629	3480	3624	3174	2232	1804	1141	300	119	31

SZEN-100-II; 10.07.14

Tabelle A17: Struktur des Energieverbrauchs und CO₂-Emissionen im Verkehr

	2005	2008	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Personenverkehr											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	1752	1699	1702	1714	1556	1342	1176	1021	754	452	177
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	116	107	107	107	98	120	135	138	186	275	316
- CO ₂ (Mio. t/a)	116	119	117	118	105	89	75	63	49	26	6
- Strom (PJ/a)	33	33	33	35	39	52	71	96	129	157	200
CO ₂ (Mio. t/a)	5	5	5	6	6	6	7	7	3	2	1
Endenergie (PJ/a)	1901	1840	1843	1856	1692	1514	1382	1254	1069	884	693
CO₂ (Mio. t/a)	121	124	123	124	111	95	83	70	52	28	7
Güterverkehr											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	642	680	666	713	689	677	652	581	480	271	40
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	18	25	21	11	32	60	85	136	186	309	484
- CO ₂ (Mio. t/a)	50	50	48	51	50	50	48	45	37	23	7
- Strom (PJ/a)	26	26	26	26	27	30	31	34	36	38	40
CO ₂ (Mio. t/a)	5	4	4	5	4	4	3	2	1	1	0
Endenergie (PJ/a)	685	730	713	750	749	767	768	751	702	618	564
CO₂ (Mio. t/a)	55	54	52	55	55	53	52	47	38	23	7
Verkehr gesamt											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	2394	2379	2369	2427	2245	2018	1828	1602	1234	723	217
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)	134	132	128	118	130	180	220	273	371	584	800
- Strom (PJ/a)	58	59	59	61	66	82	103	130	165	194	240
Endenergie (PJ/a)	2586	2570	2556	2606	2441	2280	2151	2005	1770	1502	1257
CO₂ (Mio. t/a)	176	178	175	179	166	149	134	117	90	52	14

SZEN-100-II; 10.07.14

Tabelle A18: Jährliche Brutto-Leistungsinstallation (Neubau und Ersatz) erneuerbarer Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

Jährliche Brutto-Leistungsinstallation; MW/a									SZEN 2014-100-II				
	Wasser	STROM (MWel/a)				Stromimport	Biomasse *)	Strom gesamt MWel/a		WÄRME (MWth/a)			Wärme gesamt MWth/a
		Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie					Biomasse **)	Kollektoren	Umweltwärme Geothermie	
2000	0	1662	0	44	0	0	105	1811	2000	2302	428	100	2830
2001	24	2641	0	120	0	0	124	2909	2001	2708	622	111	3441
2002	130	3238	0	150	0	0	203	3721	2002	2442	482	111	3035
2003	40	2617	0	180	0	0	398	3235	2003	2874	577	130	3581
2004	45	2019	0	512	0	0	259	2835	2004	2269	641	150	3059
2005	242	1763	0	980	0	0	664	3649	2005	1957	746	175	2879
2006	48	2194	0	1020	0	0	666	3928	2006	1775	935	525	3235
2007	15	1616	0	1271	3	0	479	3384	2007	1438	708	530	2675
2008	15	1637	5	1813	0	0	376	3846	2008	1283	984	840	3108
2009	172	1837	15	4446	4	0	666	7140	2009	1225	984	733	2942
2010	92	1405	60	6948	0	0	534	9039	2010	1157	1025	730	2913
2011	242	1910	123	7486	0	0	594	10355	2011	904	846	665	2414
2012	10	2224	100	7608	4	0	405	10351	2012	600	908	800	2308
2013	26	2996	207	3308	19	0	343	6899	2013	438	721	840	1999
2014	45	2854	760	3400	4	0	236	7299	2014	1067	988	910	2966
2015	57	2955	830	3500	6	0	261	7609	2015	2011	1411	1000	4421
2016	67	3016	860	3600	8	0	272	7823	2016	3086	1764	1150	6000
2017	77	3150	870	3700	10	0	314	8121	2017	3724	2121	1410	7255
2018	87	3450	880	3750	15	0	340	8522	2018	4131	2569	1670	8370
2019	97	3750	890	3800	20	0	413	8970	2019	4060	3024	2050	9134
2020	97	3900	900	3850	25	50	422	9244	2020	4202	3465	2450	10117
2025	93	3950	1200	3200	40	125	505	9525	2025	3145	4498	2580	10222
2030	89	4000	1500	3200	60	455	503	9807	2030	2087	5530	2710	10327
2035	89	4000	1900	5300	80	900	395	12664	2035	2068	6230	2770	11068
2040	89	4000	2300	6100	110	1200	391	14190	2040	2479	6860	2830	12169
2045	92	4000	2700	4900	150	1800	537	14179	2045	2963	7420	2890	13273
2050	94	4000	3100	4000	200	2100	536	14030	2050	2828	7910	2950	13688
2055	94	4000	3400	5800	300	2500	429	16523	2055	2482	8330	2950	13762
2060	94	4000	3700	7800	400	2800	391	19185	2060	2065	8680	2950	13695
Mittelwert 2000 - 2013	79	2126	36	2563	2	0	416	5222	Mittelwert 2000 - 2013	1669	758	460	2887
Mittelwert 2014-2030	85	3696	1146	3388	35	174	429	9074	Mittelwert 2014-2030	2849	3852	2182	8883
Mittelwert 2030-2060	107	4667	3100	6183	217	1959	530	16763	Mittelwert 2030-2060	2829	8493	3342	14664

*)ohne biogene Abfälle

**) nur Heizanlagen, Heizwerke

ARES14-100-II 10.7.14

Tabelle A19: Jährliche Netto-Leistungsinstallation (Neubau und Ersatz) erneuerbarer Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

	Jährlicher Leistungszuwachs (netto); MW/a								SZEN 2014-100-II				
	Wasser	Wind		STROM (MWel/a)				Strom gesamt MWel/a	Biomasse **)	WÄRME (MWth/a)			Wärme gesamt MWth/a
		Onshore	Offshore	Photovolt.	Geothermie	Stromimport	Biomasse *)			Biomasse **)	Kollektoren	Umweltwärme Geothermie	
2000	0	1662	0	44	0	0	105	1811	2000	2302	428	72	2803
2001	0	2641	0	120	0	0	124	2885	2001	2708	622	96	3426
2002	106	3238	0	150	0	0	203	3697	2002	2442	482	93	3017
2003	16	2617	0	180	0	0	398	3211	2003	2874	577	109	3560
2004	19	2019	0	512	0	0	259	2809	2004	2269	641	126	3035
2005	218	1763	0	980	0	0	664	3625	2005	1957	746	148	2852
2006	24	2193	0	1020	0	0	666	3903	2006	1775	935	494	3204
2007	-9	1615	0	1271	3	0	479	3358	2007	1438	708	495	2640
2008	-9	1632	5	1813	0	0	376	3817	2008	1283	984	800	3068
2009	148	1817	15	4446	4	0	666	7096	2009	1225	984	689	2898
2010	68	1380	60	6948	0	0	534	8989	2010	1157	976	682	2815
2011	217	1859	123	7485	0	0	594	10279	2011	904	765	609	2278
2012	-15	2126	100	7604	4	0	405	10223	2012	600	823	734	2156
2013	0	2760	207	3305	19	0	335	6626	2013	438	616	760	1814
2014	14	2500	760	3397	4	0	211	6886	2014	430	865	814	2108
2015	22	2500	830	3494	6	0	212	7063	2015	522	1261	886	2670
2016	27	2500	860	3590	8	0	195	7180	2016	535	1596	1017	3148
2017	32	2511	870	3686	10	0	217	7326	2017	535	1894	1263	3692
2018	37	2510	880	3738	15	0	225	7404	2018	517	2289	1514	4319
2019	42	2493	890	3784	20	0	234	7463	2019	488	2639	1888	5015
2020	37	2404	900	3806	25	50	219	7441	2020	481	3026	2288	5795
2025	29	1847	1200	3044	37	170	98	6426	2025	50	3937	2445	6228
2030	21	1910	1484	1294	49	290	52	5100	2030	19	4603	2038	6660
2035	13	1412	1496	892	66	600	27	4506	2035	3	5255	1927	7186
2040	14	547	1420	1088	84	1050	39	4242	2040	0	4271	1084	5355
2045	14	50	1500	930	102	973	32	3600	2045	0	2870	310	3180
2050	13	0	1600	800	125	1195	33	3766	2050	0	2380	240	2620
2055	11	0	1500	500	180	1623	34	3847	2055	0	2100	180	2280
2060	8	0	1400	400	255	1600	0	3663	2060	0	1820	120	1940
Mittelwert 2000 - 2013	56	2094	36	2563	2	0	415	5167	Mittelwert 2000 - 2013	1669	735	422	2826
Mittelwert 2014-2025	30	2221	999	3393	23	75	167	6908	Mittelwert 2014-2025	313	2771	1824	4824
Mittelwert 2026-2050	18	966	1458	1344	79	749	49	4663	Mittelwert 2026-2050	13	3778	1310	5071
Mittelwert 2014 - 2020	30	2488	856	3642	13	7	216	7252	Mittelwert 2014 - 2020	501	1939	1381	3821

*)ohne biogene Abfälle

ARES14-100-II; 10.7.14

Tabelle A20: Jährliche und kumulierte Investitionen (Zehn- bzw. Zwanzigjahresperiode) in erneuerbare Energien (ab 2025: Mittelwerte der Fünfjahresperioden)

Jährliche und kumulierte Investitionen (Mio EUR/a; Mio EUR)										SZEN 2014-100 -II			
Strom- und Wärmemarkt getrennt; Nahwärmenetze getrennt ausgewiesen													
	Wasser	Wind	Photovolt.	Strom- import	Kollektoren	Biomasse Wärme	Biogas/ Biomasse KWK **)	Umweltw., Geothermie	Geotherm. Strom	Nahwärme- netze	Gesamt Strom	Gesamt Wärme ohne Nahwärme !	Gesamt- Investition
	+))					+))	+))						
2000	90	2825	264	0	490	1800	600	150	0	489	3779	2440	6219
2001	50	4437	684	0	710	2221	682	186	0	489	5853	3116	8970
2002	265	5359	810	0	550	1992	930	183	0	490	7364	2725	10088
2003	96	4266	918	0	654	2318	1848	210	0	799	7128	3181	10309
2004	92	3240	2458	0	721	1811	577	238	0	577	6367	2771	9138
2005	494	2786	4508	0	835	1548	1237	272	0	729	9024	2654	11678
2006	113	3412	4488	0	1040	1403	3389	805	0	644	11402	3248	14650
2007	47	2472	5211	0	787	1133	6605	795	35	941	14371	2714	17085
2008	47	2486	6708	0	1102	1014	3416	1228	0	453	12658	3344	16001
2009	375	2786	14672	0	1109	976	3561	1044	43	732	21437	3129	24566
2010	209	2321	20149	0	1169	926	2370	1012	0	1250	25049	3107	28156
2011	535	3319	17966	0	952	714	2841	903	0	462	24661	2568	27229
2012	32	3761	14455	0	1009	464	5954	1061	37	467	24238	2533	26772
2013	68	5277	4962	0	790	334	2607	1088	171	553	13084	2212	15296
2014	116	7195	4590	0	1055	766	826	1157	36	288	12763	2977	15740
2015	146	7415	4375	0	1446	1417	900	1242	53	467	12889	4105	16994
2016	170	7388	4320	0	1732	2127	870	1397	71	524	12819	5257	18075
2017	194	7339	4255	0	2021	2501	969	1680	88	592	12846	6201	19047
2018	220	7563	4125	0	2363	2710	1049	1953	131	635	13088	7027	20115
2019	246	7766	3990	0	2663	2636	1135	2356	174	688	13311	7654	20965
2020	250	7755	3850	200	2925	2716	1125	2743	216	692	13396	8384	21779
2025	248	7977	3040	520	3343	2391	1609	2815	343	509	13737	8549	22286
2030	237	7920	2880	1855	3415	1342	2714	2879	510	471	16116	7636	23752
2035	238	8363	4664	3630	3469	1324	2301	2865	660	748	19856	7658	27514
2040	240	8785	5246	4720	3503	1549	1030	2848	880	808	20901	7900	28801
2045	247	9243	4116	6900	3455	1815	1594	2833	1163	467	23262	8102	31364
2050	254	9640	3280	7620	3343	1732	2703	2814	1500	643	24997	7889	32886
2055	256	9995	4698	8450	3401	1520	2329	2739	2175	268	27903	7660	35563
2060	258	10335	6240	9400	3434	1265	1004	2737	2800	257	30037	7436	37472
D 90 bis 13	306	2364	4116	0	590	1132	1641	466	12	405	8438	2188	10626
Kum 90 - 13	7341	56730	98783	0	14156	27157	39383	11194	286	9724	202524	52507	255031
D 13 - 30	352	5630	2830	365	2019	1778	1078	1765	346	578	9600	5162	14762
Kum 14-30	5986	95711	48110	6205	34325	30234	18325	30005	5890	9834	163201	87754	250955
D 31 - 50	245	9008	4327	5718	3443	1605	1907	2840	1051	667	22254	7887	30141
Kum 31-50	4891	180150	86530	114350	68850	32099	38143	56797	21013	13332	445076	157746	602822
D 51 - 60	257	10165	5469	8925	3418	1393	1666	2738	2488	263	28970	7548	36518
Kum 41-60	2567	101650	54690	89250	34175	13925	16664	27379	24875	2626	289697	75479	365175
D 90 bis 60	1159	27166	16741	15008	9469	5907	6293	7809	3896	1913	69262	22785	92047
Kumuliert	20786	434240	288113	209805	151506	103415	112516	125375	52063	35517	1100498	373485	1473984
+) für 2000 Schätzung in Anlehnung an Jahrbuch EE, 2001													
**) HKW und BHKW mit fester Biomasse + BHKW mit Bio-, Klärgas-, Deponiegas- und Pflanzenölanlagen													

ARES14-100-II 10.7.14