

**Was für einen erfolgreichen  
Klimaschutz erforderlich ist**

**Schlussfolgerungen aus aktuellen Szenarien der  
deutschen Energieversorgung**

**Dr. Joachim Nitsch**

**Stuttgart, 28. März 2018**

## Zusammenfassung

1. Im Jahr 2017 wurden in Deutschland 905 Mio. t CO<sub>2äq</sub>/a emittiert. Die seit 1990 erreichte Verringerung von Treibhausgasen (THG) beträgt -27,7%. Seit 2009 stagniert die Reduktion, **wirksamer Klimaschutz findet derzeit nicht statt**. Ohne zusätzliche kurzfristige Maßnahmen wird das Klimaschutzziel 2020 mit einer Minderung von maximal -32% (ggü. 1990) um rund 100 Mio. t CO<sub>2äq</sub>/a verfehlt (Szenario TREND-18).
2. Die im **Klimaschutzplan 2050** (und im Koalitionsvertrag) angestrebten THG-Reduktionsziele 2030 von -55% und 2050 von -80% befinden sich **im Widerspruch zum Beschluss von Paris**, die globale Klimaerwärmung auf maximal 2°C zu begrenzen. Das dafür noch zulässige CO<sub>2</sub>-Budget für Deutschland (maximal noch 9 Gt CO<sub>2</sub>) würde dadurch um gut das Doppelte überschritten (Szenario KLIMA-18 PLAN).
3. Eine aussichtsreiche Annäherung an das 2°C-Ziel erfordert bis 2050 das Reduktionsziel des Energiekonzepts von -95% einzuhalten. Dazu ist **bis 2030 eine Verringerung der THG um -65% erforderlich**. Der Anteil von erneuerbarer Energien (EE) an der Stromerzeugung (2017 = 36,1%) muss dazu 75% erreichen, ihr Anteil an der gesamten Endenergie rund 37% (derzeit 16,3%) und der gesamte Primärenergieverbrauch muss um 35% unter dem Niveau von 2008 liegen (Szenario KLIMA-18 OPT).
4. Die erhebliche **Reduktion der Kohlestromerzeugung** ist zentraler Bestandteil der kurzfristig erforderlichen THG-Minderung. Eine Halbierung der Braunkohlestromerzeugung, entsprechend einer Stilllegung von 9 GW Leistung, eine zusätzliche 20%ige Reduktion der Steinkohleverstromung und einem weiteren deutlichen Anstieg der EE-Stromerzeugung um rund 50 TWh/a (2017= 217 TWh/a) führen zu einer **wesentlich klimaverträglicheren Stromerzeugung**, die insgesamt 62% (=100 Mio. t. CO<sub>2</sub>/a) zur THG-Minderung bis 2020 beiträgt.
5. Im **Wärmesektor sind ebenfalls nennenswerte THG-Reduktionen möglich**. Im Gebäudesektor kann durch die überfällige steuerliche Absetzbarkeit von Investitionen in die energetische Gebäudemodernisierung und die Ausweitung des EE-Wärmegesetzes auf den Gebäudebestand ein Schub zur Einsparung von Heizwärme ausgelöst werden. Vor dem Hintergrund niedriger Preise fossiler Energien können im Industriebereich die Ausnahmeregelungen bei Energie- und Stromsteuer weitgehend zurückgefahren werden. So entstehen zusätzliche ökonomischen Anreize zu einer rascheren Umstellung auf effizientere Anlagen und Verfahren. In der Kombination von Effizienzsteigerung und dem weiteren Ausbau von EE (Wärmepumpen, Solarwärme) kann im Wärmesektor bis 2020 noch eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 45 Mio. t CO<sub>2</sub>/a erreicht werden, was einem Beitrag zur Zielerreichung von 28% entspricht.
6. Das **Rückgrat der Energiewende ist der Ausbau der Stromerzeugung auf Wind- und Solarbasis**. EE-Strom muss auch die Aufgabe übernehmen, fossile Energien im Wärme- und Verkehrsbereich zu verdrängen. Nur so ist bis 2050 eine emissionsfreie Energieversorgung erreichbar. EE-Strom muss dazu in wesentlich größerem Umfang als im „Klimaschutzplan 2050“ vorgesehen, bereitgestellt werden. In 2030 werden mit knapp 500 TWh/a bereits 75% des Bruttostromverbrauchs von EE bereitgestellt. Dazu ist ein durchschnittlicher jährlicher **Leistungszubau von netto 11 GW/a** erforderlich. In 2050 decken EE dann mit 920 TWh/a (400 GW) nahezu den gesamten Bruttostromverbrauch (Szenario KLIMA-18 OPT).

7. Die für diesen Umbau der Energieversorgung **erforderlichen Mehrinvestitionen** gegenüber einem Zustand ohne verstärkten Klimaschutz belaufen sich für eine THG-Minderung um **-95% im Zeitraum 2018-2050 auf 2 600 Mrd. €** (Szenario KLIMA-18 OPT). Die jahresdurchschnittlichen Investitionen (80 Mrd. €/a) liegen also in der Größenordnung der Ausgaben, die Deutschland jährlich für den Import fossiler Energieträger ausgibt. Dies zeigt, dass unsere Volkswirtschaft mit der notwendigen „Dekarbonisierung“ der Energieversorgung auf keinen Fall überfordert ist. Der Umbau stellt im Gegenteil **eine durchgreifende ökologische Modernisierung** und Erweiterung der gesamten Energie- und Verkehrsinfrastrukturen dar und sichert damit die Zukunftsfähigkeit unserer Volkswirtschaft.
8. Den **kumulierten volkswirtschaftlichen Mehrkosten** der im Szenario KLIMA-18 OPT angenommenen Investitionsstrategie in Höhe von **1 200 Mrd. €** steht eine Abwendung der durch den Klimawandel zukünftig eintretenden Schadenskosten gegenüber. Bei spezifischen Schadenskosten von 80 €/tCO<sub>2äq</sub> - was eher einem unteren Wert vorliegender Schätzungen entspricht - werden dadurch **kumulierte Schadenskosten von rund 1 400 Mrd. €** vermieden. Der konsequente Umbau der Energieversorgung ist also mit einem volkswirtschaftlicher „Gesamtnutzen“ verbunden.
9. Das Marktgeschehen auf dem Energiemarkt ist durch eine **völlig unzulängliche Berücksichtigung der Schäden des Klimawandels** bei gleichzeitig niedrigen fossilen Energiepreisen gekennzeichnet. Die notwendige Beschleunigung der Energiewende, die möglichst viele Akteure zu klimafreundlichen Investitionen anreizt, ihnen eine angemessene wirtschaftliche Rendite bietet und gleichzeitig marktwirtschaftlich effektiv abläuft, ist unter diesen Rahmenbedingungen nicht möglich. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und zur Umstrukturierung der Verbrauchssektoren unterbleiben weitgehend. Förderinstrumente wie das EEG verlieren trotz wachsender Komplexität an Wirkung. Die Energiewende braucht daher einen „anderen“ Markt, der die (externen) Kosten der fossilen Energieversorgung in wirksame Preissignale umsetzt. Das zweckmäßigste Instrument dafür ist die **ausnahmslose CO<sub>2</sub>-Bepreisung aller fossilen Energieträger** gemäß ihrem Treibhausgaspotenzial.
10. Insgesamt werden **jährlich rund 70 Mrd.€ (2016) an Steuern** (Kraftstoffe 36,5 Mrd. €, Erdgas 2,4 Mrd. €, Heizöl 1,2 Mrd. €; Strom 6,6 Mrd. €) **und Umlagen** (EEG-Umlage 22,9 Mrd. €; KWK-G-Umlage 1,1 Mrd. €) von den Energieverbrauchern erhoben. Die Verbrauchergruppen sind an diesem Aufkommen relativ unausgewogen beteiligt. Private Haushalte zahlen mit 35 Mrd. € die Hälfte, danach folgen GHD mit 20 Mrd.€. Die Industrie trägt 15 Mrd.€ dazu bei, wovon die privilegierten Unternehmen allerdings nur für rund 4 Mrd. € aufkommen müssen. Auch **unter Klimaschutzgesichtspunkten hat die jetzige Abgabenstruktur erhebliche Mängel**. Aus der geringen Besteuerung von Erdgas und Heizöl resultieren nur sehr geringe Vermeidungsanreize im Wärmesektor, die hohe Belastung von Strom (einschließlich Umlagen implizit bis zu rund 185 €/tCO<sub>2</sub>) stellt ein wesentliches Hemmnis für eine klimagerechte Ausgestaltung (Sektorkopplung) der zukünftigen Energieversorgungsstrukturen dar.
11. Eine CO<sub>2</sub>-Abgabe kann - unter der Prämisse der Beibehaltung der Kraftstoffbesteuerung in heutiger Höhe – mit angemessenen CO<sub>2</sub>-Preisen ein ähnliches Aufkommen wie die derzeitige Abgabenstruktur generieren. Bei einer Abgabe in Höhe von 40 (50) €/t CO<sub>2</sub> entstehen Einnahmen in Höhe von 67 (75) Mrd. €. **Die Lenkungswirkung hinsichtlich Klimaschutz wird gleichzeitig erheblich verstärkt und ist wesentlich zielgerichteter**. Für Strom sinkt die Belastung von derzeit 31 Mrd. € auf nur noch 8 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 10 Mrd. € (50 €/tCO<sub>2</sub>). Brennstoffe werden mit insgesamt 13 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 16 Mrd.

€ (50 €/tCO<sub>2</sub>) beaufschlagt, damit um 9 Mrd. € bzw. 12 Mrd.€ mehr als im jetzigen Zustand. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe für Kraftstoffe (einschließlich Flugtreibstoffe) führt zu einem zusätzlichen Aufkommen von knapp 10 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 13 Mrd. € (50 €/tCO<sub>2</sub>). Eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in dieser Höhe führt zu Letztverbraucherpreisen fossiler Energieträger in der Größenordnung des Preisniveaus des Jahres 2012.

12. Eine CO<sub>2</sub>-Abgabe erfüllt die Zwecke der derzeitigen Steuern und Umlagen gleichwertig. Sie ermöglicht darüber hinaus die Finanzierung der EEG- und der KWK-Umlage, solange diese noch erforderlich sind. Da sich Strom für die Mehrzahl der Endverbraucher deutlich verbilligt, fossile Wärme und Kraftstoffe sich verteuern, wird mit ihr in marktwirtschaftlich effektiver Weise die erforderliche Sektorkopplung, d.h. das Vordringen von EE-Strom im Wärme- und im Verkehrssektor, angestoßen und kann zukünftig gezielt durch eine stetige Anpassung des CO<sub>2</sub>-Preises aufrechterhalten werden. Damit verfügt man über **ein markt-konformes und transparentes Steuerungsinstrument**, welches die notwendige Flexibilität und Schnelligkeit bei der permanent notwendigen Anpassung des Transformationsprozesses im Energiebereich bis zur völligen „Dekarbonisierung“ um die Jahrhundertmitte gewährleistet. Das derzeitige komplexe, unübersichtliche, teilweise widersprüchliche und mit zahlreichen Ausnahmeregelungen behaftete Förderinstrumentarium kann gezielt zurückgebaut und mittelfristig eingestellt werden.

## Wirksamer Klimaschutz findet derzeit nicht statt

Die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Fortgang der Energiewende sind anhaltend ungünstig. Ökonomische Anreize für einen klimagerechten Umbau der Energieversorgung sind weiterhin sehr gering. Trotz geringer Preisanstiege im letzten Jahr, werden auf absehbare Zeit nach wie vor niedrige Preise für fossile Energien dominieren. Geringe Börsenstrompreise und sehr niedrige CO<sub>2</sub>-Preise verschärfen das Problem. Und trotz verstärkt wahrnehmbarer Klimaschäden besitzen Klimaschutz und Energiewende derzeit eine relativ geringe politische Priorität.

Die notwendige rasche Veränderung der energiepolitischen Rahmenbedingungen lässt daher weiter auf sich warten. Seit einigen Jahren stagniert die Reduktion von Treibhausgasen (THG) in Deutschland. Die seit 1990 erreichte THG-Minderung lag Ende 2016 bei -27,4% (909 Mio. t CO<sub>2äq</sub>/a). In 2017 ist der Primärenergieverbrauch mit 13525 PJ/a weiter angestiegen (2016: 13420 PJ/a). Durch den deutlich gestiegenen Einsatz von EE (Primärenergieanteil 13,1% ggü. 12,5% in 2016) bei gleichzeitigem Rückgang von Steinkohle sind die THG-Emissionen jedoch leicht auf 905 Mio. CO<sub>2äq</sub>/a gesunken.<sup>1</sup> Bis 2020 dürfte maximal eine weitere Reduktion von rund 50 Mio. t CO<sub>2äq</sub>/a erzielt werden, womit eine THG-Minderung ggü. 1990 von -32% erreicht wird. Zu diesem Ergebnis kommt das Energieszenario **TREND-18 (Tabelle 1; Abbildung 1)**, welches die Wirkungen der derzeitigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen und des derzeitigen Förderinstrumentariums für Erneuerbare Energien (EE) und für eine verbesserte Energieeffizienz (EFF) berücksichtigt und fortschreibt.

Das Reduktionsziel für 2020 von -40% rückt in weite Ferne. In nur drei Jahren müssten dazu weitere 103 Mio. t Treibhausgase vermieden werden, es wäre also insgesamt eine jährliche Reduktion von 53 Mio.t/a erforderlich. Dies entspricht einer Vervierfachung der bisherigen jahresdurchschnittlichen Minderung zwischen 1990 und 2017. Wird die unzulängliche Umbaudynamik der gegenwärtigen Entwicklung im Energiebereich über einen längeren Zeitraum beibehalten, würde bis zur Jahrhundertmitte bestenfalls eine THG-Minderung von ca. -55% eintreten, die fossilen Energieträger würden mit ca. 70 % Anteil das Energiesystem immer noch dominieren.

Immerhin bekräftigt der im November 2016 formulierte Klimaschutzplan 2050<sup>2</sup> der Bundesregierung das Ziel einer weitgehenden Treibhausgasneutralität bis 2050 und benennt dazu ein konkretes Zwischenziel der THG-Reduktion für 2030 von -55%. Mit dieser Zielsetzung ist jedoch die angestrebte Treibhausgasneutralität, die gemäß dem Pariser 2°C-Ziel spätestens in 2050 erforderlich ist, bis zu diesem Zeitpunkt nicht erreichbar. Selbst die Maßnahmen für die Umsetzung dieses – ungenügenden - Reduktionsziels 2030 bleiben bisher vage und es wird ausgeblendet, wie man bis 2050 die notwendige 95%ige Verringerung der THG-Emissionen erreichen könnte. Auch die Koalitionsvereinbarung der GroKo lässt die dazu erforderlichen konkreten Maßnahmen vermissen.

Die notwendigen Strukturveränderungen und Maßnahmen für den notwendigen Umbau der Energieversorgung im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes sind inzwischen gut bekannt und

---

<sup>1</sup> Angaben nach: UBA 2018; Pressemitteilung 4/2018: „Klimagasemissionen stiegen im Jahr 2016 erneut an“ vom 25.1.2018; AG Energiebilanzen: Pressemitteilung 05/2017 „Energieverbrauch steigt 2017 leicht an“ vom 21.12.2017; BDEW-Presseinformation vom 20.12.17: „Starkes Wachstum der EE, Stein- und Braunkohle mit deutlichem Rückgang“; UBA 2018; Pressemitteilung 8/2018: „Klimabilanz 2017: Emissionen gehen leicht zurück.“ Vom 26.3.2018

<sup>2</sup> BMUB: „Klimaschutzplan 2050, Kabinettsbeschluss der Bundesregierung – Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung“, 14. November 2016.

u.a. in mehreren aktuellen Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen niedergelegt.<sup>3</sup> In den im folgenden vorgestellten Klimaschutzszenarien werden diese Erkenntnisse und Vorschläge aufgegriffen und daraus die notwendigen Einzelschritte zum Umbau der Energieversorgung abgeleitet. Das erste Szenario **KLIMA-18 PLAN** beschreibt die Transformation der Energieversorgung gemäß der im Klimaschutzplan 2050 definierten Zielsetzung für 2030 (THG-Reduktion -55% bis -56%). Mit dem Aktivitätsniveau dieses Szenarios wird die Zielmarke 2020 mit einer THG-Minderung von -36% nicht erreicht. Das bis 2020 zusätzlich angestoßene dynamischere Wachstum der EE und die verstärkte Effizienzsteigerung können jedoch bis 2030 den Rückstand aufholen und das im Klimaschutzplan 2050 genannte THG-Minderungsziel von -55% erreichen. Bereits dafür sind aber erhebliche Strukturänderungen in allen Sektoren erforderlich. Dieses Szenario führt in der Weiterentwicklung zu einer relativ emissionsarmen Energieversorgung bis 2050. Mit einer THG-Reduktion von knapp -82% ggü 1990 (Tabelle 1) ist es etwas günstiger als das von der Bundesregierung zu diesem Zeitpunkt angestrebte obere Mindestziel von -80%. Diese THG-Minderung ist aber für eine wirksame Annäherung an das Zwei-Grad Ziel nicht ausreichend.

**Tabelle 1: Die wichtigsten Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung und ihre Erreichung in den Szenarien (Prozent)**

	Verbrauchsminderung (Bezugsbasis 2008)			Anteil Erneuerbare Energien		THG-Emissionen
	Primär- energie	Gebäude- wärme <sup>1)</sup>	Endenergie Verkehr	an Brutto- endenergie	an Brutto- strom	
<b>2017</b>	-5,9	-9,5	+ 6,2	16,3	36,1	<b>-27,7</b>
<b>2020</b>						
<b>Energiekonzept</b>	<b>-20</b>	<b>-20</b>	<b>-10</b>	<b>18</b>	<b>min. 35</b>	<b>min -40</b>
TREND-18	-9,9	-13,1	+6,3	17,2	40,2	<b>-31,9</b>
KLIMA -18 PLAN	-11,8	-14,6	+3,7	18,2	42,1	<b>-36,0</b>
KLIMA -18 OPT	-14,2	-15,5	+1,4	19,0	44,2	<b>-40,1</b>
<b>2030</b>						
<b>Energiekonzept</b>	<b>(-30)</b>	<b>(-40)</b>	<b>(-20)</b>	<b>30</b>	<b>50 (65<sup>3</sup>)</b>	<b>min. -55<sup>2)</sup></b>
TREND-18	-20,1	--34,4	+1,0	21,1	50,5	<b>-40,7</b>
KLIMA -18 PLAN	-27,0	-42,5	-8,6	29,0	65,1	<b>-55,0</b>
KLIMA -18 OPT	-34,6	-54,4	-17,3	35,8	75,8	<b>-65,7</b>
<b>2040</b>						
<b>Energiekonzept</b>	<b>(-40)</b>	<b>(-60)</b>	<b>(-30)</b>	<b>45</b>	<b>65</b>	<b>min. -70</b>
TREND-18	-25,9	-39,6	-5,5	24,2	57,5	<b>-48,8</b>
KLIMA -18 PLAN	-36,9	-59,2	-20,4	43,1	82,9	<b>-70,5</b>
KLIMA -18 OPT	-47,4	-81,7	-33,8	60,2	92,0	<b>-84,4</b>
<b>2050</b>						
<b>Energiekonzept</b>	<b>-50</b>	<b>-80</b>	<b>-40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>- (80) bis -95</b>
TREND-18	-30,8	-43,0	-13,1	28,0	66,6	<b>-56,5</b>
KLIMA -18 PLAN	-42,1	-70,0	-33,5	56,6	92,8	<b>-81,5</b>
KLIMA -18 OPT	-53,7	-95,2	-47,6	82,8	96,6	<b>-95,0</b>

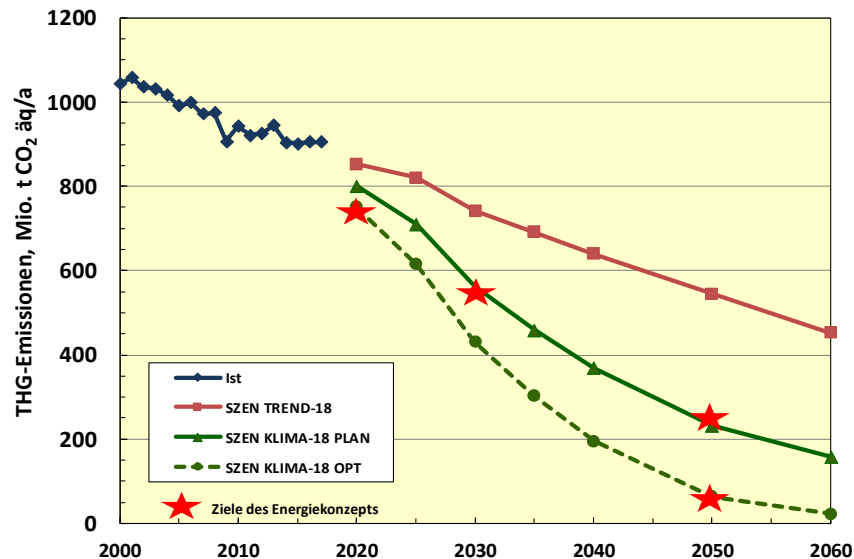
1) In 2020 Minderung des Energieverbrauchs; 2030-2050 Minderung nichterneuerbare Primärenergie;

2) -55% bis -56% nach Klimaschutzplan 2050 vom 14. Nov. 2016; ( ) = interpolierte Zielwerte

3) angestrebt laut Koalitionspapier GroKo 2018

<sup>3</sup> u. a.: Öko-Institut, Fraunhofer-ISI: Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Berlin, Karlsruhe, 2015 <http://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>; J. Nitsch: „Erfolgreiche Energiewende nur mit verbesserter Energieeffizienz und einem klimagerechten Energiemarkt“, Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung; Stuttgart, 12. Mai 2017; 5. Monitoringbericht zur Energiewende „Die Energie der Zukunft“, Berichtsjahr 2015; BMWI, Berlin, Dezember 2016; AGORA: „Das Klimaschutzziel von -40% bis 2020 – wo landen wir ohne weitere Maßnahmen“, Berlin, 7.Sept. 2017; Stellungnahme des SRU-Sachverständigenrat für Umweltfragen: „Kohleausstieg jetzt einleiten“, Oktober 2017; Boston Consulting Group, Prognos AG: Klimaschutzpfade für Deutschland“. Studie im Auftrag des BDI, Januar 2018;

Das zweite Klimaschutzszenario **KLIMA-18 OPT** führt bis 2050 zu einer Energieversorgung, die praktisch ausschließlich auf EE basiert. Dies ist notwendig, wenn die Treibhausgase in ihrer Gesamtheit bis 2050 um -95% reduziert werden sollen. Dazu ist aber bis 2030 bereits eine THG-Reduktion von mindestens -65% erforderlich. Vor diesem Hintergrund wird auch deutlich, warum die Einhaltung des -40% Ziels für 2020 von wesentlicher Bedeutung für einen rechtzeitig wirksamen Klimaschutz ist. Deshalb wird in diesem Szenario auch dargelegt, mit welchen Maßnahmen dieses kurzfristige Klimaschutzziel noch erreicht werden könnte, (Tabelle 1 unten; Abbildung 1).



**Abbildung 1: Bisheriger Verlauf der nationalen THG-Emissionen und Entwicklung in den Szenarien TREND-18, KLIMA-18 PLAN und KLIMA-18 OPT im Vergleich zu den Zielen des Energiekonzepts.**

## Die Energiewende muss erheblich beschleunigt und ausgeweitet werden

Gemessen an der bisher erreichten Umstrukturierungsgeschwindigkeit des Energiesektors und ihrer vermuteten Fortführung gemäß Szenario TREND-18 sind beide Klimaschutzszenarien anspruchsvoll. Trotzdem reicht das Szenario KLIMA-18 PLAN nicht aus, den im Klimaschutzplan 2050 angestrebten Beitrag Deutschlands zum globalen Klimaschutz (Erreichung des 2 bzw. 1,5 Grad-Ziels) sicherzustellen. Die ab 2017 bis 2050 kumulierten THG-Emissionen belaufen sich in diesem Szenario auf 17 Gt CO<sub>2</sub>. Sie überschreiten damit den für Deutschland bis 2050 „zulässigen“ fairen Anteil am globalen Emissionsbudget von maximal 900 Gt CO<sub>2</sub> (entsprechend der Einhaltung des 2 Grad-Ziels mit 66 % Wahrscheinlichkeit) um rund 90%. Will man diesen Anteil – maximal 9 Gt CO<sub>2</sub> – nicht überschreiten, müssten die THG-Emissionen Deutschland innerhalb der nächsten 20 (!) Jahre auf null gebracht werden. Dies macht die absolute Dringlichkeit rasch wirksamer Klimaschutzmaßnahmen deutlich und zeigt, dass selbst eine erfolgreiche Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 (THG-Minderung von -55% bis 2030) den Herausforderungen eines wirksamen globalen Klimaschutzes bei weitem nicht genügt.

Im Szenario KLIMA-18 OPT wird deshalb modelliert, wie die notwendigen Umstrukturierungsmaßnahmen aussehen müssen, wenn man das 2-Grad-Ziel mit Aussicht auf Erfolg tatsächlich erreichen will. Ersichtlich ist insbesondere, dass sehr rasch ein Einschwenken auf einen wirksamen Minderungskurs erfolgen muss, damit das CO<sub>2</sub>-Budget bis 2050 dem obigen Wert von rund 9 GT CO<sub>2</sub> möglichst nahekommt. Symbolisch dafür steht die – prinzipiell noch mögliche - Erfüllung des -40% Minderungsziels im Jahr 2020. Erfolgreich kann dies nur unten optimalen

ökonomischen Randbedingungen stattfinden, bei denen die Energiepreisrelationen den Nutzen einer umfassenden Klimaschutzstrategie angemessen honorieren und alle Akteure die Zielsetzungen voll unterstützen. In diesem „optimalen“ Klimaschutzszenario wird die Minderung der energie- und prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von insgesamt 1000 Mio. t CO<sub>2</sub>/a bzw. -95% bis 2050 (bezogen auf 1990 mit 1050 Mio. t CO<sub>2</sub>) zu etwa gleichen Teilen durch den Ausbau der EE und durch Investitionen in technische und strukturelle Effizienzmaßnahmen (EFF) erbracht. Beide Teilstrategien sind für eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung unverzichtbar und müssen in ausgewogener Abstimmung zueinander stetig umgesetzt werden. Eine wirksame und stetige Verringerung des Energieverbrauchs ist also eine zentrale Notwendigkeit jeder Klimaschutzstrategie. Ihre Wirkung wird im Szenario KLIMA-18 OPT besonders deutlich (**Tabelle 2**). Der Endenergieverbrauch beträgt in 2050 mit 4740 PJ/a noch 52% des 2008er Wertes (Primärenergieverbrauch noch 46%). Damit kann der notwendige hohe Beitrag der EE (> 85%) mit einem verträglichen Absolutbetrag in Höhe von rund 4000 PJ/a, also weniger als dem Dreifachen des Beitrags von 2017, erreicht werden. Wollte man bei einer deutlich geringeren Wirkung einer Effizienzstrategie (z.B. entsprechend Szenario TREND-18) dieselbe THG-Minderung erreichen, wäre ein Ausbau der EE auf das 4,5-fache des heutigen Wertes erforderlich, was rund 70% mehr EE-Energieangebot als im Szenario KLIMA-18 OPT darstellt. Ein derart hoher EE-Ausbau würde in erheblichem Ausmaß Fragen zur gesellschaftlichen Akzeptanz einer derartigen Strategie aufwerfen.

**Tabelle 2: Entwicklung des Primär- und Endenergieverbrauchs, der Beitrag der erneuerbaren Energien und Verringerung der THG-Emissionen in den Szenarien**

	2008	2017 <sup>2)</sup>	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>TREND-18</b>								
Primärenergieverbrauch, PJ/a	14380	13525	<b>12955</b>	<b>12116</b>	<b>11483</b>	<b>10661</b>	<b>9949</b>	<b>9423</b>
Endenergieverbrauch, PJ/a	9159	9205	<b>8993</b>	<b>8662</b>	<b>8333</b>	<b>7870</b>	<b>7491</b>	<b>7219</b>
EE-Endenergie, PJ/a	857	1502	<b>1594</b>	<b>1704</b>	<b>1811</b>	<b>1965</b>	<b>2156</b>	<b>2357</b>
EE-Anteil an Endenergie, % <sup>1)</sup>	9,4	16,3	<b>17,7</b>	<b>19,7</b>	<b>21,7</b>	<b>25,0</b>	<b>28,8</b>	<b>32,6</b>
THG-Emissionen, Mio. t CO <sub>2äq</sub> /a	975	905	<b>853</b>	<b>821</b>	<b>742</b>	<b>641</b>	<b>545</b>	<b>453</b>
<b>KLIMA-18 PLAN</b>								
Primärenergieverbrauch, PJ/a	14380	13525	<b>12682</b>	<b>11444</b>	<b>10506</b>	<b>9236</b>	<b>8335</b>	<b>7823</b>
Endenergieverbrauch, PJ/a	9159	9205	<b>8867</b>	<b>8333</b>	<b>7823</b>	<b>7012</b>	<b>6330</b>	<b>5831</b>
EE-Endenergie, PJ/a	857	1502	<b>1665</b>	<b>1976</b>	<b>2335</b>	<b>3110</b>	<b>3692</b>	<b>3940</b>
EE-Anteil an Endenergie, % <sup>1)</sup>	9,4	16,3	<b>18,8</b>	<b>23,7</b>	<b>29,9</b>	<b>44,3</b>	<b>58,3</b>	<b>67,6</b>
THG-Emissionen, Mio. t CO <sub>2äq</sub> /a	975	905	<b>801</b>	<b>710</b>	<b>563</b>	<b>369</b>	<b>232</b>	<b>158</b>
<b>KLIMA-18 OPT</b>								
Primärenergieverbrauch, PJ/a	14380	13525	<b>12336</b>	<b>10754</b>	<b>9410</b>	<b>7560</b>	<b>6664</b>	<b>6344</b>
Endenergieverbrauch, PJ/a	9159	9205	<b>8723</b>	<b>7973</b>	<b>7152</b>	<b>5697</b>	<b>4740</b>	<b>4404</b>
EE-Endenergie, PJ/a	857	1502	<b>1709</b>	<b>2152</b>	<b>2634</b>	<b>3530</b>	<b>4041</b>	<b>4161</b>
EE-Anteil an Endenergie, % <sup>1)</sup>	9,4	16,3	<b>19,6</b>	<b>27,0</b>	<b>36,8</b>	<b>62,0</b>	<b>85,2</b>	<b>94,5</b>
THG-Emissionen, Mio. t CO <sub>2äq</sub> /a	975	905	<b>750</b>	<b>615</b>	<b>430</b>	<b>195</b>	<b>63</b>	<b>21</b>

1) Anteil am Bruttoendenergieverbrauch ist etwas geringer (2017: 15,8%; Ziel 2020: 18%);

2) Werte teilweise noch vorläufig

Von der seit 1990 erreichten CO<sub>2</sub>-Minderung von 251 Mio. t CO<sub>2</sub> (-23,9%) wurden 65% durch EE-Ausbau – und diese zu 75% durch EE-Stromerzeugung - und nur 35% durch EFF-Maßnahmen und Änderung des fossilen Energieträgermixes erreicht. Von einer effektiven Ausnutzung von Effizienzpotenzialen sind wir also derzeit weit entfernt, ebenso von einem wirksamen EE-Ausbau im Wärme- und Verkehrsbereich. Nur wenn die Mobilisierung dieser Potenziale rechtzeitig gelingt und der weitere Ausbau der EE und ihre stetige technische und ökonomi-

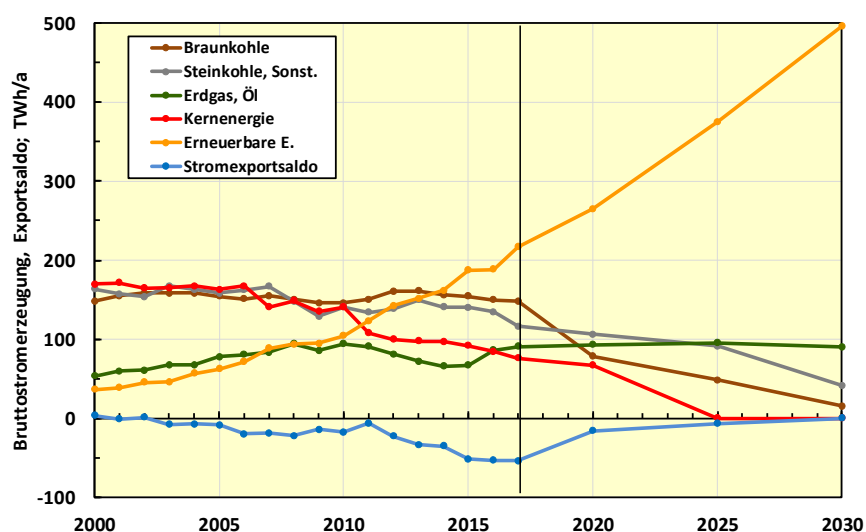


sche Weiterentwicklung zusätzlich wirksam unterstützt wird, rückt die Entwicklung gemäß Szenario KLIMA-18 OPT in erreichbare Nähe. Selbst bei erfolgreicher Umsetzung dieses Szenarios wird das „zulässige“ CO<sub>2</sub>-Budget Deutschlands für eine wahrscheinliche Einhaltung des 2 Grad-Ziels aber noch überschritten. Mit der in diesem Szenario angestoßenen Entwicklungs- und Umstrukturierungsdynamik sind aber nach 2030 noch über die jetzige Modellierung hinausgehende Erfolge beim Klimaschutz vorstellbar, die dann die Erreichung des 2 Grad-Ziels in 2050 sicherer machen würden.

Tabelle 2 zeigt auch, dass die Abweichungen zwischen der Trendentwicklung und dem notwendigen Klimaschutzpfad KLIMA-18 OPT sehr rasch erhebliche Ausmaße annehmen. Verharrt man länger auf der Trendentwicklung, so werden bereits in 2030 rund 2000 PJ/a „zu viel“ (Primär-) Energie verbraucht und es „fehlen“ rund 800 PJ/a zusätzlich EE-Endenergie. Ändern sich daher die energiepolitischen Rahmenbedingungen in nächster Zeit nicht erheblich, so werden die im den darauffolgenden Jahren erforderlichen gravierende Kursänderungen zur Einhaltung des Klimaschutzziels 2050 vermutlich kaum zu erreichen sein. Das betrifft sowohl die Einleitung eines raschen Ausstiegs aus der Kohleverstromung, wesentlich deutlichere Anreize für Effizienzsteigerungen und einen erheblich stärkeren Ausbau von EE im Wärme- und im Verkehrssektor.

### Was ist bis 2020 zu tun?

Um die notwendige Reduktion von 159 Mio. t CO<sub>2</sub>/a in der notwendigen kurzen Zeit zu erreichen, sind insbesondere erhebliche Strukturveränderungen in der Stromerzeugung erforderlich, die bisher auf Grund der derzeitigen, mit aktivem Klimaschutz unvereinbaren Preisrelationen am Strommarkt ausgeblieben sind. Obwohl in den letzten Jahren die EE-Stromerzeugung erheblich gestiegen ist (von 36 TWh/a in 2000 auf 217 TWh/a in 2017) und damit der Rückgang des Kernenergie-Stroms bei weitem kompensiert wurde, ist aufgrund sehr niedriger CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise und niedriger Kohle- und Erdgaspreise die notwendige deutliche Reduktion der Stromerzeugung aus fossilen Energien unterblieben (**Abbildung 2**). Sie ist in 2017 mit 355 TWh/a nur um 10 TWh/a niedriger als in 2000 und stieg zwischenzeitlich sogar auf rund 400 TWh/a.



**Abbildung 2: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern und des Stromexportsaldos zwischen 2000 und 2017 und im Szenario KLIMA-18 OPT bis 2030**

Insbesondere die Stromerzeugung aus Braunkohle hat sich mit 148 TWh/a (2017) kaum verändert und liegt heute höher (!) als nach der Anpassung infolge der Wiedervereinigung Deutschlands (1995 = 142 TWh/a).

Infolgedessen hat sich der Stromexportüberschuss (Abb.2, unten), der bis etwa 2011 unerheblich war, rasant vergrößert und in 2017 mit knapp 54 TWh/a einen Rekordwert erreicht. Würde der Abbau dieses Exportsaldos ausschließlich durch die Reduktion der entsprechenden Braunkohleverstromung erfolgen, lägen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland um 55 Mio. t CO<sub>2</sub>/a niedriger. Das entspricht einem Drittel der bis 2020 noch notwendigen THG-Minderung. Bezieht man die Stromempfängerländer bilanztechnisch ein, ergibt sich immer noch eine Gesamteinsparung von THG-Emissionen zwischen 20 und 30 Mio. t CO<sub>2</sub>/a in der EU.

Diese Gegebenheiten sprechen eindeutig für eine sofortige deutliche Reduktion der **Stromerzeugung aus Braunkohle** als zentralen Bestandteil der kurzfristig erforderlichen THG-Minderung. Nur damit rückt die rechtzeitige Umsetzung des Klimaziel 2020 in erreichbare Nähe. Im Szenario KLIMA-18 OPT trägt eine gegenüber 2016 nahezu halbierte Braunkohleverstromung mit 47% (entsprechend -74 Mio. t CO<sub>2</sub>/a; **Tabelle 3; rechts**) wesentlich zur Zielerreichung bei. Dazu sind Braunkohlekraftwerke mit einer Leistung von 9 GW stillzulegen. Dies führt vor allem zu einem erheblichen Abbau der Strom-Exportüberschüsse. Im Szenario KLIMA-18 OPT sinkt das Exportsaldo auf nur noch 15 TWh/a in 2020 (Abb. 2). Dies ist eine Größenordnung, wie sie vor der Expansion des Stromexports üblich war. Eine zusätzliche Reduktion der Steinkohleverstromung um 28 TWh/a mittels einer Stilllegung von 3 GW Leistung (oder eine entsprechende Reduktion der Gesamtauslastung), einer leichten Erhöhung der Gasverstromung (+7 TWh/a) und einem weiteren deutlichen Anstieg der EE-Stromerzeugung um 77 TWh/a (ggü. 2016; ggü. 2017 sind es noch rund 50 TWh/a) führen zu einer wesentlich klimaverträglicheren Stromerzeugung, die insgesamt 62% (=99 Mio. t. CO<sub>2</sub>/a) zur THG-Minderung bis 2020 beiträgt.

**Tabelle 3: Beiträge der Sektoren zum Klimaschutzziel 2020 (Mio. t CO<sub>2äq</sub>/a)**

	2016	KLIMA-18 PLAN			KLIMA-18 OPT		
		2020	Diff.	Anteil	2020	Diff.	Anteil
Stromerzeugung*)	306	241	-65	61%	207	-99	<b>62%</b>
- Braunkohle	153	104	-49	46%	79	-74	47%
- Steinkohle, Sonst.	125	107	-18		96	-29	
- Erdgas/Öl	28	30	+ 2		32	+4	
Wärmeerzeugung**)	315	281	-34	31%	271	-44	<b>28%</b>
Kraftstoffe	178	175	-3	3%	170	-8	5%
Übrige THG***)	110	104	-6	5%	102	-8	5%
<b>THG-Emissionen</b>	<b>909</b>	<b>801</b>	<b>-108</b>	<b>100%</b>	<b>750</b>	<b>-159</b>	<b>100%</b>

\*) Ohne Fernwärme; Abgrenzung nach UBA Climate Change 15/2017

\*\*\*) Brennstoffe einschl. Fernwärme, einschl. Industrieprozesse

\*\*\*) Methan, Lachgas, CO<sub>2</sub> aus Landwirtschaft, Übrige

Ein weiteres zentrales Handlungsfeld, in dem kurzfristig nennenswerte THG-Reduktionen möglich sind, ist der **Wärmesektor**, der derzeit rund 35% der THG-Emissionen verursacht. Ansatzpunkte gibt es hierfür sowohl im Raumwärmesektor wie bei der Bereitstellung von industrieller Prozesswärme. Im Gebäudesektor kann durch die längst überfällige steuerliche Absetzbarkeit von Investitionen in die energetische Gebäudemodernisierung, in die Ausweitung des EE-Wärmegesetzes auf den Gebäudebestand und durch gezielte zusätzliche Förderung

der Sanierung älterer Sozialwohnungen einschließlich Heizungsmodernisierung (Ablösung von Nachtspeicher- und Ölheizungen) und von kommunalen Gebäuden ein beträchtlicher Schub zur Einsparung von Heizwärme ausgelöst werden. Außerdem ist die EU-Effizienzrichtlinie endlich in nationales Recht umzusetzen.

Werden im Industriebereich die erheblichen Ausnahmereglungen bei Energie- und Stromsteuer, sowie bei der EEG-Umlage, die sich auf eine Größenordnung von rund 7 Mrd. € belaufen, weitgehend zurückgefahren und ausschließlich auf tatsächlich strom- und außenhandelsintensive Branchen beschränkt, würden die ökonomischen Anreize zu einer rascheren Umstellung auf effizientere Anlagen und Prozesse erheblich wirksamer werden. Damit wären auch im Prozesswärmebereich erhebliche Energieeinsparungen möglich.

Im Szenario KLIMA-18 OPT kann so im Wärmesektor in der Kombination von Effizienzsteigerung (bis 2020 ca. 6% Verbrauchsreduktion), weitere Verschiebung des Brennstoffmixes zu Erdgas und dem weiteren Ausbau von EE (Wärmepumpen, Solarkollektoren) noch eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 44 Mio. t CO<sub>2</sub>/a bis 2020 erreicht werden (Tab. 3), was einem Beitrag zur Zielerreichung von 28% entspricht.

Der Endenergieverbrauch des **Verkehrs** ist in den letzten Jahren stetig gestiegen. Er hat so erheblich zur Stagnation der THG-Emissionen Deutschlands seit 2009 beigetragen. Eine rasche Umkehr dieses Trends ist auf Grund der jahrelangen politischen Untätigkeit in diesem Sektor kaum zu erreichen. Im Szenario KLIMA-18 OPT wird daher günstigstenfalls bis 2020 von einem erreichbaren Reduktionsbeitrag von 8 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (= 5%) ausgegangen. Vorrangig ist kurzfristig die Eindämmung des motorisierten Individualverkehrs, der für rund 70% der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich ist. Alle diskutierten technischen Maßnahmen (insbesondere Elektromobilität; Ausbau schienengebundener Güterverkehr; alternative Kraftstoffe) können erst längerfristig Wirkung zeigen. Eine kurzfristigere Reduktion kann erreicht werden durch Abschaffung der steuerlichen Privilegierung für Dienstwagen, die Angleichung der Steuer auf Benzin und Diesel, die Besteuerung von Flugtreibstoffen, die Ausdehnung der LKW-Maut auf alle Straßen und der Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen. Damit würden auch die notwendigen Strukturveränderungen zur Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf andere Verkehrsträger wirksam eingeleitet

Für die **übrigen THG-Emissionen** (Methan, Lachgas u.a.) wird eine kurzfristig mögliche Reduktion um rund 8 Mio. t CO<sub>2aq</sub>/a angenommen. Dazu können verschiedene Maßnahmen in der Landwirtschaft und in der Abfallwirtschaft beitragen. Hervorzuheben sind die verstärkte Vergärung von Grünabfällen, eine verbesserte Wertstoffeffassung, Erhalt bzw. Steigerung von Dauergrünland und Feuchtgebieten, restriktivere Regeln für die Gülleausbringung bzw. die Massentierhaltung, Vermeidung von Überdüngung und Steigerung der CO<sub>2</sub>-Speicherfunktion des Waldes (nachhaltige Bewirtschaftung).

Aus Tabelle 3 ist auch ersichtlich, dass mit einer Veränderungsintensität gemäß Szenario KLIMA-18 PLAN, die sich am Reduktionsziel des Klimaschutzplans 2050 von -55% für 2030 orientiert, bis 2020 rund 108 Mio. t CO<sub>2</sub> vermieden werden können, was zu einer Gesamtreduktion ggü. 1990 von nur -36% führt.

### **Das Rückgrat der Energiewende: Der Ausbau der EE-Stromerzeugung**

Die EE-Leistung ist im letzten Jahrzehnt um jährlich 7,8 GW/a gewachsen, Während in den Jahren 2007-2012 die Fotovoltaik den Zuwachs dominierte, war das Wachstum der EE-Stromerzeugung dank hoher Zuwächse bei der Windenergie in den letzten Jahren relativ hoch. EE-

Strom trägt derzeit mit gut 36 % (217 TWh/a) zum Bruttostromverbrauch Deutschlands bei (**Tabelle 4**). Wird lediglich der derzeit vorgegebene Ausbaukorridor des EE-Stroms im EEG eingehalten (Szenario TREND-18), so wird sich diese Wachstumsrate in den nächsten Jahren etwa halbieren und bis 2030 zu einer EE-Leistung von nur knapp 160 GW führen. Mit dann 306 TWh/a würden rund 40% mehr EE-Strom als heute erzeugt werden (**Abbildung 3**). Zwar dominieren auch in diesem Szenario längerfristig die EE den Stromsektor (EE-Anteil in 2030 = 50%; in 2050 = 66%), aber das vorrangige Ziel einer sehr weitgehenden THG-Minderung durch den Ersatz fossiler Energieträger im Wärme- und Verkehrssektor durch EE-Strom würde mit einer THG-Minderung von nur -57% in 2050 drastisch verfehlt.

In den nächsten Jahren sind generell wesentlich höhere EE-Strombeiträge erforderlich, wenn man glaubwürdig Klimaschutz betreiben will. Dazu ist es erforderlich, dass EE-Strom auch in anderen Sektoren in erheblichem Ausmaß zum Einsatz kommt. Im Szenario KLIMA-18 PLAN wird der in den GroKo-Koalitionsvereinbarungen festgelegte EE-Stromanteil von 65% in 2030 abgebildet (Tabelle 4, Mitte). Dieser EE-Beitrag ist erforderlich, wenn bis dahin die im Klimaschutzplan 2050 angestrebte THG-Minderung von -55% erreicht werden soll. Dazu ist die jährliche Wachstumsrate des letzten Jahrzehnts mindestens aufrechtzuerhalten. Damit kann in 2030 eine EE-Leistung von knapp 220 GW erreicht und eine EE-Strommenge von 420 TWh/a bereitgestellt werden. (Abbildung 3).

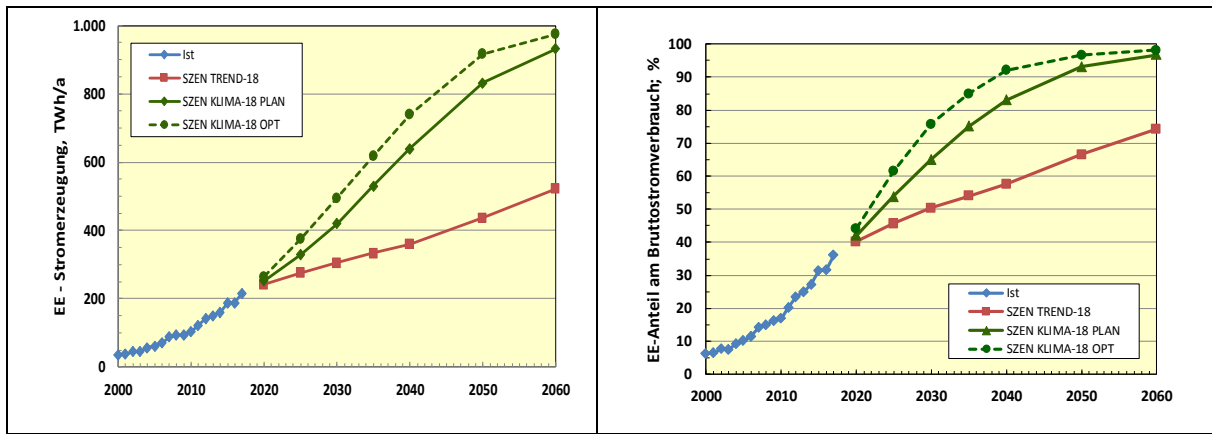
Vor dem Hintergrund der Zielsetzung einer emissionsfreien Energieversorgung bis 2050 ist aber selbst dieses Ziel unzureichend, da EE-Strom in diesem Fall seiner Aufgabe, als neue „Primärenergie“ auch im Wärme- und Verkehrsbereich fossile Energien zu verdrängen (Power to Mobility, to Heat, to Gas/Liquid), nicht ausreichend erfüllen kann. EE-Strom muss dazu rascher und in deutlich größerem Umfang bereitgestellt werden. Diese notwendige Entwicklung wird im Szenario KLIMA-18 OPT abgebildet. In 2030 werden mit 496 TWh/a bereits knapp 76% des Bruttostromverbrauchs von EE bereitgestellt. Dazu ist ein jährlicher Leistungszubau von netto 11 GW/a erforderlich, der zu einer installierten Leistung von 260 GW in 2030 führt. In 2050 decken EE dann mit 918 TWh/a (395 GW) nahezu den gesamten Bruttostromverbrauch.

**Tabelle 4: Bruttostromverbrauch und EE-Stromerzeugung in den Szenarien und EE-Anteil am Bruttostromverbrauch**

	2016	2017	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>TREND-18</b>								
Bruttostromverbrauch, TWh/a	595	600	<b>601</b>	<b>604</b>	<b>607</b>	<b>626</b>	<b>656</b>	<b>702</b>
EE-Stromerzeug., TWh/a	188	217	<b>242</b>	<b>276</b>	<b>306</b>	<b>360</b>	<b>437</b>	<b>522</b>
Anteil an Bruttoverbrauch, %	31,6	36,1	<b>40,2</b>	<b>45,7</b>	<b>50,2</b>	<b>57,5</b>	<b>66,6</b>	<b>74,4</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup> ; Mio. t CO <sub>2</sub> /a	306	293	<b>271</b>	<b>275</b>	<b>241</b>	<b>194</b>	<b>121</b>	<b>47</b>
<b>KLIMA-18 PLAN</b>								
Bruttostromverbrauch, TWh/a	595	600	<b>601</b>	<b>614</b>	<b>647</b>	<b>770</b>	<b>893</b>	<b>965</b>
EE-Stromerzeug., TWh/a <sup>2)</sup>	188	217	<b>253</b>	<b>330</b>	<b>421</b>	<b>638</b>	<b>828</b>	<b>929</b>
Anteil an Bruttoverbrauch, %	31,6	36,1	<b>42,1</b>	<b>53,8</b>	<b>65,1</b>	<b>82,9</b>	<b>92,8</b>	<b>96,3</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup> ; Mio. t CO <sub>2</sub> /a	306	293	<b>241</b>	<b>216</b>	<b>155</b>	<b>74</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
<b>KLIMA-18 OPT</b>								
Bruttostromverbrauch, TWh/a	595	600	<b>600</b>	<b>611</b>	<b>654</b>	<b>805</b>	<b>951</b>	<b>995</b>
EE-Stromerzeug., TWh/a <sup>2)</sup>	188	217	<b>265</b>	<b>375</b>	<b>496</b>	<b>740</b>	<b>918</b>	<b>976</b>
Anteil an Bruttoverbrauch, %	31,6	36,1	<b>44,2</b>	<b>61,4</b>	<b>75,8</b>	<b>92,0</b>	<b>96,6</b>	<b>98,1</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup> ; Mio. t CO <sub>2</sub> /a	306	293	<b>208</b>	<b>162</b>	<b>88</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>0</b>

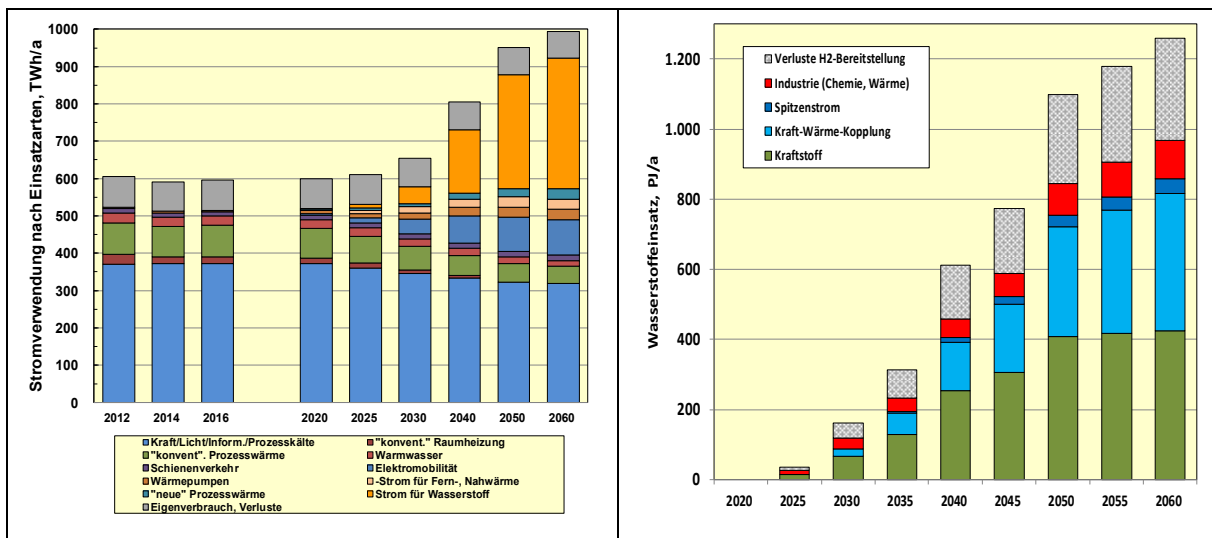
1) Nach UBA-Abgrenzung (UBA Climate Change 15/2017; Mai 2017)

2) EE-Strom wird zunehmend als neue „Primärenergie“ im Wärme- und Verkehrssektor (Power to Heat, to Gas) eingesetzt



**Abbildung 3: EE-Stromerzeugung (links) und EE-Anteil am Bruttostromverbrauch (rechts) im Szenarienvergleich.**

Die Verwendung der steigenden Stromerzeugung zeigt **Abbildung 4** für das Szenario KLIMA-18 OPT. Ursache ist die wachsende Sektorkopplung, um fossile Energien auch aus dem Verkehrs- und Wärmesektor verdrängen zu können. EE-Strom wird in deutlich wachsendem Umfang für Mobilität, direkte Wärmenutzung und für die Erzeugung von EE- Wasserstoff (Power to Gas) eingesetzt. Der Stromverbrauch für die konventionelle Stromnutzung (Strom für Kraft/Licht/Kommunikation, Stromeinsatz für „konventionelle“ Raumheizung, Warmwasser, „heutiger“ Einsatz für Prozesswärme, Schienenverkehr) sinkt bis 2050 infolge steigender Effizienz um 22% ggü. 2016 (Szenario KLIMA-18 PLAN um 20%). EE-Strom als die zukünftige Hauptenergiequelle („Primärenergiequelle“) erschließt jedoch andere Nutzungsbereiche. Diese sind kurz- bis mittelfristig Wärmepumpen für Heizzwecke und die Elektromobilität. Dazu kommt mittelfristig auch ein Einsatz von EE-Strom für industrielle Prozesswärme über die heute üblichen Einsatzbereiche hinaus, sowie die Einspeisung von EE-Überschussstrom in Wärmenetze (Power to Heat). In 2050 werden für Elektromobilität in KLIMA-18 OPT mit 92 TWh/a bzw. 9,7% (in KLIMA-18 PLAN =84 TWh/a bzw. 9,4%) und für „neue“ Wärmezwecke 76 TWh/a bzw. 8% (in KLIMA-18 PLAN = 64 TWh/a bzw. 7%) des Bruttostromverbrauchs benötigt (Abbildung 4, links).



**Abbildung 4: Bruttostromerzeugung für „konventionelle“ und „neue“ Stromverwendungen (links) und Einsatzfelder von EE-Wasserstoff (rechts) im Szenario KLIMA-18 OPT**

Längerfristig ist die Überführung eines Teils des (fluktuierenden) EE-Stroms in eine chemisch speicherbare Form (Power to Gas) unerlässlich. In diesen Szenarien ist dies EE-Wasserstoff, es kommen aber ggf. auch EE-Methan oder synthetische flüssige Energieträger für den Verkehrssektor (z.B. Flugverkehr) infrage. Diese auf EE-Strom basierenden Energieträger können in einer 100% EE-Versorgung in allen Nutzungsbereichen (Stromerzeugung mittels KWK, HT-Wärme, Verkehr, Chemie) die Rolle heutiger fossilen Energieträger übernehmen. Wegen der Notwendigkeit die gesamten verbleibenden fossilen Energien im Wärmesektor und im Verkehr zu ersetzen, wird in KLIMA-18 OPT längerfristig auch ein erheblicher Anteil des EE-Stroms, nämlich 32% im Jahr 2050 in EE-Wasserstoff umgesetzt, was 305 TWh/a entspricht. Damit werden 235 TWh/a (846 PJ/a) Wasserstoff erzeugt, womit 18% des gesamten Endenergiebedarfs des Jahres 2050 gedeckt werden können. Die Aufteilung auf die einzelnen Verwendungszwecke ist aus Abbildung 4 rechts ersichtlich; 48% des Wasserstoffs werden im Verkehr eingesetzt, mit 37% werden KWK-Anlagen versorgt, 11% werden für industrielle Zwecke eingesetzt und 4% dienen der Spitzenstromerzeugung in Gasturbinen.

### Der Umbau des Wärmesektors muss in Gang kommen

Eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung erfordert bis 2050 einen völligen Umbau der Wärmeversorgung. Die erheblichen Effizienzpotentiale, insbesondere bei der Reduzierung des Raumwärmebedarfs, ermöglichen eine Verringerung des gesamten Wärmeverbrauchs (Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme) um rund 60% (KLIMA-18 OPT; **Tabelle 5, unten; Abbildung 5**). Dies ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, mit Solarwärme, Umweltwärme, hydrothormaler Geothermie, direktem Stromeinsatz und effizienter Nutzung von Biomasse und EE-Wasserstoff in KWK-Anlagen hohe EE-Deckungsanteile im Rahmen eines strukturell machbaren Zubaus an entsprechenden Anlagen und Wärmenetzen zu erreichen. EE können so ihren bisher geringen Anteil an der Wärmebereitstellung (14,6%) bereits bis 2030 auf 33% steigern und erreichen in 2050 einen Deckungsanteil von 86% (**Tab.5**).

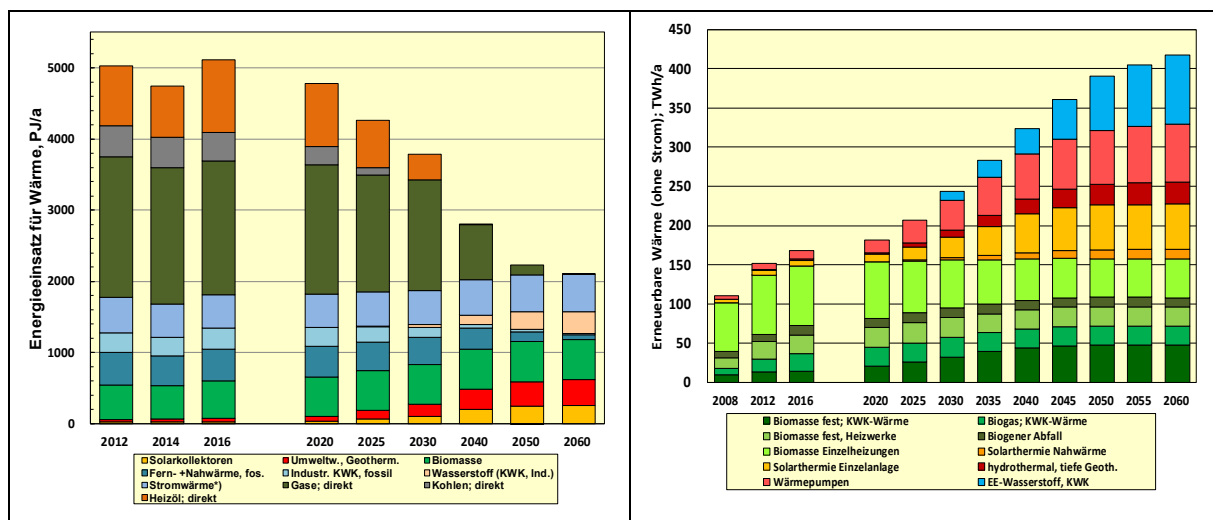
**Tabelle 5: Energieverbrauch für Wärmezwecke und zukünftige Beiträge der EE**

	2017 <sup>1)</sup>	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>TREND-18</b>							
Endenergieverbrauch (PJ/a)	5100	<b>4899</b>	<b>4641</b>	<b>4405</b>	<b>4119</b>	<b>3941</b>	<b>3810</b>
davon Stromwärme (PJ/a)	475	<b>468</b>	<b>478</b>	<b>493</b>	<b>506</b>	<b>498</b>	<b>482</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)	- 3,1	<b>-7</b>	<b>-12</b>	<b>-16</b>	<b>-22</b>	<b>-25</b>	<b>-29</b>
EE-Wärmemenge (PJ/a) <sup>1)</sup>	615	<b>622</b>	<b>626</b>	<b>615</b>	<b>608</b>	<b>600</b>	<b>614</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	15,0	<b>16,3</b>	<b>18,0</b>	<b>19,5</b>	<b>21,8</b>	<b>23,6</b>	<b>25,6</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	315	<b>295</b>	<b>271</b>	<b>240</b>	<b>213</b>	<b>220</b>	<b>230</b>
<b>KLIMA-18 PLAN</b>							
Endenergieverbrauch (PJ/a)	5100	<b>4854</b>	<b>4524</b>	<b>4217</b>	<b>3742</b>	<b>3443</b>	<b>3126</b>
davon Stromwärme (PJ/a)	475	<b>472</b>	<b>493</b>	<b>521</b>	<b>507</b>	<b>498</b>	<b>505</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)	- 3,1	<b>-8</b>	<b>-14</b>	<b>-20</b>	<b>-29</b>	<b>-35</b>	<b>-40</b>
EE-Wärmemenge (PJ/a) <sup>1)</sup>	615	<b>653</b>	<b>732</b>	<b>827</b>	<b>1066</b>	<b>1273</b>	<b>1428</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	15,0	<b>17,4</b>	<b>22,0</b>	<b>27,8</b>	<b>39,9</b>	<b>50,6</b>	<b>61,5</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	315	<b>281</b>	<b>237</b>	<b>188</b>	<b>133</b>	<b>106</b>	<b>71</b>
<b>KLIMA-18 OPT</b>							
Endenergieverbrauch (PJ/a)	5100	<b>4777</b>	<b>4257</b>	<b>3781</b>	<b>2794</b>	<b>2231</b>	<b>2096</b>
davon Stromwärme (PJ/a)	475	<b>470</b>	<b>482</b>	<b>479</b>	<b>503</b>	<b>518</b>	<b>522</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)	- 3,1	<b>-9</b>	<b>-19</b>	<b>-28</b>	<b>-47</b>	<b>-58</b>	<b>-60</b>
EE-Wärmemenge (PJ/a) <sup>1)</sup>	615	<b>656</b>	<b>755</b>	<b>877</b>	<b>1174</b>	<b>1409</b>	<b>1496</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	15,0	<b>18,0</b>	<b>24,7</b>	<b>33,0</b>	<b>58,9</b>	<b>85,9</b>	<b>96,1</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	315	<b>271</b>	<b>211</b>	<b>150</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>1</b>

1) Biomasse, Kollektoren, Umweltwärme; ohne EE-Strom für Wärmezwecke

2) Anteil an gesamter Wärme einschl. Stromwärme;

Biomasse steigert ihren Beitrag von rund 150 TWh/a (derzeit = 88% der gesamten EE-Wärmeerzeugung) zukünftig nur noch unwesentlich, ihr Einsatz erfolgt aber im Szenario effizienter. Die alleinige Wärmenutzung in Form von Einzelheizungen geht zugunsten ihrer Nutzung in KWK-Anlagen und Wärmenetzen zurück (Abbildung 5, rechts). Das zukünftige Wachstum wird von solarthermischen Anlagen, Wärmepumpen und hydrothermalen Anlagen getragen, die bisher mit 1,5% Anteil an der gesamten Wärmenachfrage nur einen sehr geringen Beitrag leisten. Ab 2030 tritt die Nutzwärme aus KWK-Anlagen hinzu, die mit EE-Wasserstoff betrieben werden (Abb.5, rechts). EE-Strom erschließt sich neue Nutzungsbereiche im Wärmesektor (vgl. Abschnitt „EE-Stromerzeugung“), so dass der Stromeinsatz für Wärmezwecke (Strom für Wärmepumpen; Stromwärme in Wärmenetzen; zusätzlicher Strom für industrielle Prozesswärme) trotz deutlicher Effizienzsteigerungen im „konventionellen“ Bereich zunimmt und im Szenario KLIMA-18 OPT in 2050 rund 30% des gesamten Wärmebedarfs deckt (derzeit rund 10%).



**Abbildung 5: Entwicklung des Energieeinsatzes zur Wärmebereitstellung (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme) im Szenario KLIMA-18 OPT und (links) und Beitrag der Wärme aus erneuerbaren Energien (rechts; ohne Stromanteil; 1 TWh/a = 3,6 PJ/a).**

Der Umbau der Wärmeversorgung ist mit einer deutlichen Reduktion von Einzelheizungen verknüpft. Zwar nehmen Wärmepumpen erheblich zu, trotzdem geht der Anteil von Einzelheizungen (derzeit rund 80%) deutlich zurück, da alle fossilen Einzelversorgungen längerfristig abgelöst werden müssen. EE-Wärme (Biomasse, Solarthermie, Geothermie, längerfristig auch EE-Wasserstoff via KWK und HT-Wärme) wird derzeit bereits zu knapp 40% mittels Netzen bereitgestellt, in den Klimaschutzszenarien wächst dieser Anteil auf rund 50%. In der Gesamtbilanz steigt die über Netze verteilte Wärmemenge (einschließlich industrielle Prozesswärme) von derzeit 13% auf rund 40% in 2050. Betrachtet man nur die Raumwärme, werden die notwendigen Strukturveränderungen noch deutlicher. Derzeit werden knapp 23% der Raumwärme als Fern- oder Nahwärme über Netze verteilt. Im Szenario KLIMA-18 OPT steigt dieser Anteil bis zur Jahrhundertmitte auf 60%. Für Raumheizung und Warmwasser wird EE-Gas (Wasserstoff) ausschließlich via KWK-Anlagen und Wärmenetzen bereitgestellt. Eine Direktversorgung über eine Gasfeinverteilung für Heizzwecke findet nicht statt, nur größere industrielle Verbraucher nutzen EE-Wasserstoff auch direkt als Brenngas.

Die gegenwärtigen Rahmenbedingungen (gemäß Szenario TREND-18) liefern für die dazu erforderlichen erheblichen Strukturveränderungen (u.a. verpflichtende Wärmekonzepte in allen Kommunen, weiterer Ausbau der KWK auf Gas- und Biomassebasis; Planung und Bau

von Wärmenetzen in geeigneten Siedlungsquartieren) keine nennenswerten Impulse. Das ohnehin zu geringe Wachstum von EE-Wärme im Bereich der Kollektoren und der Umweltwärme/Geothermie wird durch den Zielkorridor für Biomasse im derzeitigen EEG zusätzlich gebremst. Dadurch wird insbesondere der Wärmebeitrag aus KWK-Anlagen, der sich in den letzten Jahren dank wachsender Stromerzeugung aus Biomasse deutlich erhöht hat und heute 27% (37 TWh/a) der gesamten Biomassewärme darstellt nach 2020 wieder sinken. Insgesamt verringert sich dadurch der Beitrag der Biomassewärme von derzeit 150 TWh/a auf 130 TWh/a in 2030 und auf 110 TWh/a im Jahr 2050. Das unter diesen Trendbedingungen für möglich gehaltene Wachstum von Kollektoren und Wärmepumpen/Geothermie kann diesen Rückgang bestenfalls kompensieren, ein weiteres Wachstum der gesamten EE-Wärme findet daher kaum statt. Von derzeit 160 TWh/a steigt sie im Trendfall bis 2030 noch auf 170 TWh/a, um dann bis zur Jahrhundertmitte wieder auf das heutige Niveau zu fallen (Tabelle 5, oben). Eine „Energiewende“ im Wärmebereich findet also ohne zusätzliche Impulse und günstigere energiepolitische bzw. ökonomischen Rahmenbedingungen nicht statt. Der Anteil der fossilen Energiebereitstellung für Wärmezwecke würde in diesem Fall nur von derzeit 87% (= 4030 PJ/a) auf 82% (= 2850 PJ/a) im Jahr 2050 sinken, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß allein des Wärmesektors beliefe sich noch auf 220 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (derzeit 310 Mio. t CO<sub>2</sub>/a).

### **Die große Hürde: Umstrukturierung des Verkehrssektors**

Im Verkehrssektor ist noch nichts von der Energiewende bemerkbar. Seit 2009 ist sein Energieverbrauch wieder stetig gestiegen, der Verbrauch des Jahres 2017 liegt mit ca. 2730 PJ/a um 6% über dem für das Energiekonzept gewählten Bezugswert (2008) für die angestrebte Reduktion des Verbrauchs um -10% bis 2020. Mit 178 Mio. t CO<sub>2</sub>/a stammen rund 20% der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr, eine Reduktion ist bisher nicht erfolgt. Der EE-Anteil am gesamten Endenergieverbrauch des Verkehrs (derzeit 4,5%) ist seit 2008 wegen des Rückgangs der Biokraftstoffe rückläufig; Elektromobilität spielt noch keine Rolle.

Das ursprüngliche Effizienzziel im Verkehr für das Jahr 2020 (-10% Minderung ggü. 2008) wird daher weit verfehlt. Für das Szenario TREND-18 ist bereits die Stagnation des Verbrauchs auf dem heutigen Niveau als Fortschritt zu bezeichnen (**Tabelle 6; oben**), da derzeit keine Maßnahmen erkennbar sind, die die gegenwärtigen Wachstumstendenzen (Wachstum Güterverkehr, weitere Zunahme SUV bzw. leistungsstarke PKW) umkehren könnten. Unter Trendbedingungen wird sich bei dem erwarteten Verkehrsaufkommen auch längerfristig bestenfalls eine geringe Verbrauchabsenkung einstellen, da technische Fortschritte – wie bereits bisher – weitgehend durch aufwändigere, technisch anspruchsvollere und damit schwerere Fahrzeugkonzepte kompensiert werden (Rebound-Effekt; **Abb.6**). Auch im Güterverkehr werden sich die Wachstumstendenzen mit nur geringfügig gebremster Geschwindigkeit fortsetzen. Als Folge davon würde eine Fortsetzung der Trendentwicklung zu einem Energieverbrauch bis 2050 führen, der nur um 13% gesunken ist. Der Anteil von Elektrofahrzeugen könnte bestenfalls 20% erreichen, der EE-Anteil läge bei insgesamt nur knapp 17%. Die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 130 Mio. t CO<sub>2</sub>/a wären eine eindeutige Bankrotterklärung in Sachen Klimaschutz.

Selbst bei einer sehr aktiven Klimaschutzstrategie im Verkehr, wie sie im Szenario **KLIMA-18 OPT (Tabelle 6, unten; Abb.6, rechts)** angenommen wird, können angesichts der derzeit geringen Bereitschaft, das Anreiz- und Regelsystem des Verkehrs grundsätzlich zu ändern, kurzfristig nur geringfügige Erfolge erwartet werden. Deutliche Strukturveränderungen und damit die Reduktion des Energieverbrauchs und die Wirkung neuer Antriebstechniken werden günstigstenfalls ab dem Jahr 2025 ihre Wirkung entfalten können.



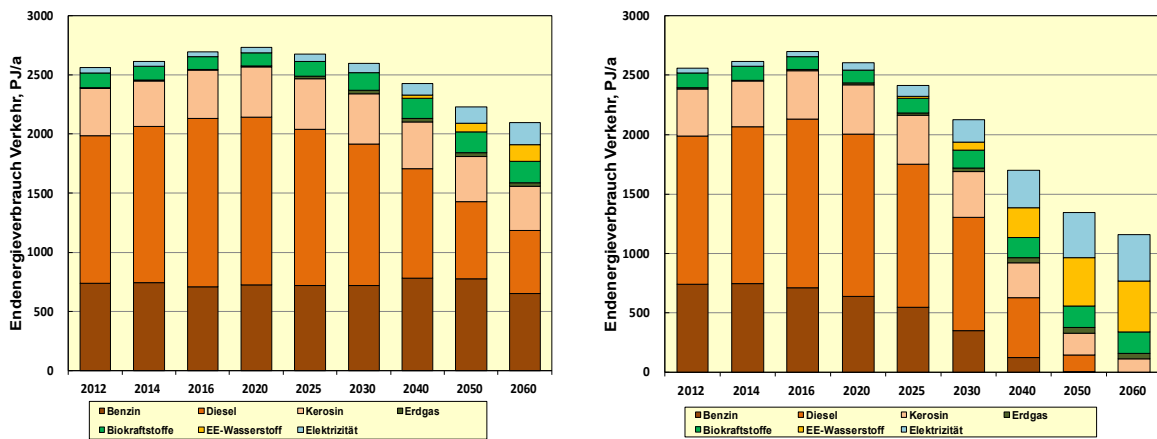
Die Möglichkeiten der Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr sind prinzipiell groß, wenn die technischen Potenziale einer weiteren Effizienzsteigerung, neuer Antriebstechnologien und klimaneutraler Kraftstoffe verknüpft werden mit der Entwicklung klimaverträglicherer Mobilitätskonzepte. Dazu gehört insbesondere ein paralleles „Downsizing“ der PKW-Flotte. Dieses kann induziert werden durch Maßnahmen, die das Fahren mit leistungsstarken, großen PKW unattraktiv machen. Dazu gehören eine allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung auf Autobahnen, Abschaffung von Privilegien für eher große Fahrzeuge, z.B. Dienstwagenbesteuerung; Angleichung Diesel- und Benzinsteuer, Einschränkungen für den motorisierten Individualverkehr in Ballungsräumen (u.a. City Maut; Parkraumverknappung; Ausweitung Car-Sharing-Angebote; Ausweitung und Attraktivitätssteigerung des ÖPNV und des Fahrradverkehrs).

Im Güterverkehr ist eine deutliche Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene unverzichtbar und längst überfällig. Auch die Vollelektrifizierung aller Bahnstrecken (derzeit sind nur 60% elektrifiziert) ist vorrangig vorzunehmen. Die stetigen Wachstumstendenzen im Flugverkehr müssen durch eine spürbare Besteuerung von Flugtreibstoffen gebremst werden. Vor diesem Hintergrund kann der Energieverbrauch im Verkehr bis 2030 um -22% sinken (ggü. Bezugs- wert 2008 um -17%), der EE-Anteil beträgt 18,6% (Tabelle 6 unten; Abb.6, rechts). Bis ca. 2025 stammt der wesentliche EE-Beitrag im Verkehr mit 5,2% noch von Biokraftstoffen. Er steigt bis 2050 noch auf 13% (180 PJ/a) und dient dann fast ausschließlich als Flugtreibstoff. Ab 2030 gewinnt EE-Strom erheblich an Bedeutung und deckt in 2050 mit 380 PJ/a (= 106 TWh/a) rund 28% des Gesamtverbrauchs. Bis 2050 werden 65% des Individualverkehrs und 33% des Güterverkehrs elektrisch abgewickelt.

**Tabelle 6: Energieverbrauch im Verkehr und zukünftige Beiträge von Strom und von EE**

Werte in PJ/a	2008	2017 <sup>1)</sup>	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>TREND-18</b>								
Endenergieverbrauch,	2571	2730	<b>2733</b>	<b>2674</b>	<b>2596</b>	<b>2430</b>	<b>2233</b>	<b>2095</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)		+ 6,2	<b>+6,2</b>	<b>+4,0</b>	<b>+1,0</b>	<b>-5,5</b>	<b>-13,1</b>	<b>-18,5</b>
Stromeinsatz im Verkehr	47	41	<b>46</b>	<b>59</b>	<b>76</b>	<b>98</b>	<b>142</b>	<b>187</b>
Biokraftstoffe	128	108	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
EE-Wasserstoff	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>70</b>	<b>139</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	5,2	4,5	<b>4,8</b>	<b>6,0</b>	<b>7,8</b>	<b>11,3</b>	<b>16,7</b>	<b>23,5</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a <sup>3)</sup>	167	178	<b>180</b>	<b>174</b>	<b>166</b>	<b>149</b>	<b>129</b>	<b>111</b>
<b>KLIMA-18 PLAN</b>								
Endenergieverbrauch	2571	2730	<b>2667</b>	<b>2506</b>	<b>2349</b>	<b>2046</b>	<b>1710</b>	<b>1543</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)		+ 6,2	<b>+3,7</b>	<b>-2,5</b>	<b>-8,6</b>	<b>-20,4</b>	<b>-33,5</b>	<b>-40,0</b>
Stromeinsatz im Verkehr	47	41	<b>57</b>	<b>87</b>	<b>132</b>	<b>243</b>	<b>355</b>	<b>373</b>
Biokraftstoffe	128	108	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
EE-Wasserstoff	0	0	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>44</b>	<b>213</b>	<b>334</b>	<b>351</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	5,2	4,5	<b>5,3</b>	<b>8,2</b>	<b>13,2</b>	<b>30,2</b>	<b>50,7</b>	<b>58,5</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a <sup>3)</sup>	167	178	<b>175</b>	<b>159</b>	<b>141</b>	<b>99</b>	<b>58</b>	<b>44</b>
<b>KLIMA-18 OPT</b>								
Endenergieverbrauch	2571	2730	<b>2607</b>	<b>2417</b>	<b>2126</b>	<b>1700</b>	<b>1346</b>	<b>1160</b>
Veränderung ggü. 2008 (%)		+ 6,2	<b>+1,4</b>	<b>-6,0</b>	<b>-17,2</b>	<b>-33,9</b>	<b>-47,6</b>	<b>-54,9</b>
Stromeinsatz im Verkehr	47	41	<b>63</b>	<b>94</b>	<b>192</b>	<b>312</b>	<b>382</b>	<b>393</b>
Biokraftstoffe	128	108	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
EE-Wasserstoff	0	0	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>65</b>	<b>254</b>	<b>409</b>	<b>426</b>
Anteil Erneuerbare Energien (%) <sup>2)</sup>	5,2	4,5	<b>5,7</b>	<b>8,9</b>	<b>18,6</b>	<b>43,1</b>	<b>72,1</b>	<b>86,1</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a <sup>3)</sup>	167	178	<b>170</b>	<b>153</b>	<b>120</b>	<b>67</b>	<b>26</b>	<b>11</b>

1) Werte teilweise noch vorläufig; 2) einschließlich Strom; 3) ohne Stromanteil



**Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im Verkehr im Szenario TREND-18 (links) und notwendige Entwicklung (Szenario KLIMA-18 OPT; rechts) bei einem wirksamen Klimaschutzbeitrag**

Zum letzteren gehört auch der steigende Anteil der Bahn am Güterverkehr und die Vollelektrifizierung aller Bahnstrecken. Zur vollständigen Ablösung fossiler Kraftstoffe wird im Szenario ab 2030 auch EE-Wasserstoff eingesetzt. Er trägt im Jahr 2050 mit 30% zur Bedarfsdeckung bei. In 2050 werden im Verkehr insgesamt 72% der Energienachfrage durch EE gedeckt. Mit einer CO<sub>2</sub>-Emission von nur noch 27 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (die überwiegend aus dem Flugverkehr stammt) ist damit auch der Verkehrssektor in 2050 weitgehend emissionsfrei.

Mit der hinter dem Szenario KLIMA-18 OPT stehenden Strategie lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs bis 2030 ggü. 1990 um -26% reduzieren. Dies ist deutlich weniger als die im Klimaschutzplan angestrebten -40%. Angesichts einer bisher weitgehenden Untätigkeit der Politik in der Verkehrspolitik, der massiven Lobbyeinflüsse und der immer noch sehr starken Affinität der meisten Bürger zu „ihrem“ Auto, ist ein politisches Umsteuern in Richtung Klimaschutz (und die Reduzierung lokaler Feinstaub- und Stickoxidbelastungen) bisher nicht zustande gekommen. Auch in Zukunft dürften die erforderlichen Strukturveränderungen nur sehr schwer durchsetzbar sein. Daher muss dieses Teilziel als unrealistisch betrachtet werden. Wie im Szenario KLIMA-18 PLAN gezeigt, kann das Mindestziel einer 55%igen THG-Reduzierung bis 2030 aber durch verstärkte Anstrengungen insbesondere im Bereich der Strombereitstellung erreicht werden.

Die Analysen zur zukünftigen Entwicklung des Verkehrssektors zeigen, dass dieser Sektor hinsichtlich der Erfolgsaussichten, die Unterziele des Energiekonzepts zu erreichen, aus heutiger Sicht besonders problematisch ist. Die Fortführung der traditionellen, hinsichtlich Klimaschutz praktisch unwirksamen und teilweise sogar kontraproduktiven Verkehrspolitik ist nicht mit dem ehrgeizigen Klimaschutzziel 2050 vereinbar. Die bisher ergriffenen, überwiegend technisch orientierten Maßnahmen (effizientere Antriebe; Förderung von Elektromobilität; (begrenzte) Einführung von Biokraftstoffen) reichen kurz- bis mittelfristig nicht aus, den vom Verkehr zu erbringenden Beitrag zum Klimaschutz zu gewährleisten. Unverzichtbar für die notwendige Umstrukturierung des Verkehrs ist insbesondere eine steuerliche Gleichbehandlung aller Kraftstoffe einschließlich der Flugtreibstoffe mit einer zusätzlichen Klimaschutzkomponente. Dabei empfiehlt sich eine Unterscheidung in eine „Verkehrssteuer“ und eine „Klimasteuer bzw. -abgabe“. Erstere entspricht der heutigen Kraftstoffsteuer und dient wie diese der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur und der Abdeckung der durch den Verkehr verursachten lokalen Belastungen. Sie kann entweder wie bisher über den Kraftstoffverbrauch und die Fahrzeugbesteuerung oder auch vollständig durch eine umfassende Maut erhoben werden.

und ist unabhängig von der Art des Antriebs oder Kraftstoffs. Eine zusätzliche „Klimasteuer bzw. -abgabe“ aus einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung sämtlicher fossiler Energieträger würde zusätzliche Anreize zur Vermeidung fossiler Kraftstoffe schaffen.

Die Herausforderungen an eine „neue“, klimagerechte Verkehrspolitik sind wegen der hohen wirtschaftlichen Bedeutung der derzeitigen, „traditionellen“ Automobilindustrie besonders hoch. Notwendig ist hier eine Politik des „langen Atems“ und eine sehr große Bereitschaft bei allen Verkehrsteilnehmern, sich zukünftig „klimagerechter“ fortzubewegen, sowie eine aktive und konstruktive Mitwirkung der gesamten Automobilwirtschaft (und ihrer Lobbyverbände) bei dem notwendigen und durchgreifenden Strukturwandel.

**Exkurs: Klimaschutz „lohnt“ sich: Eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung ist auch aus volkswirtschaftlicher Sicht eine sehr lohnenswerte Strategie.**

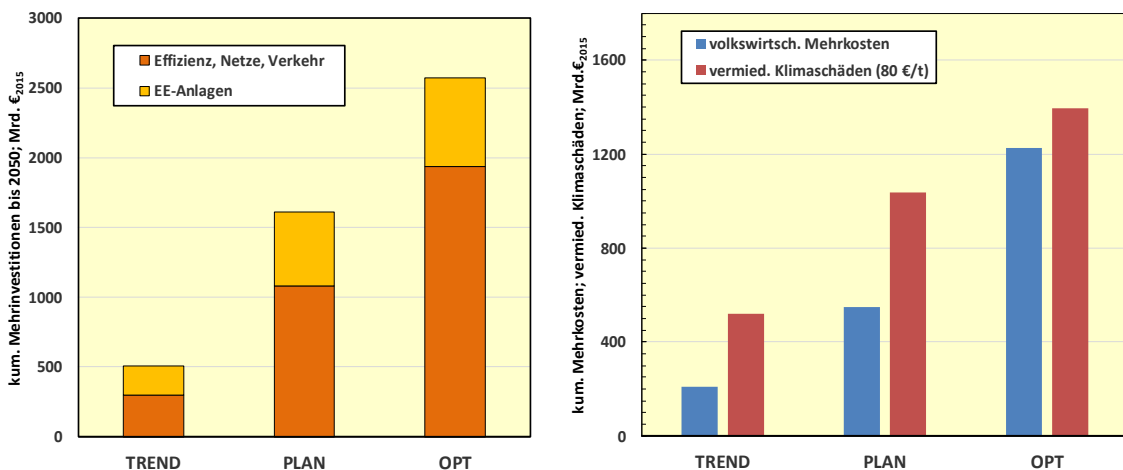
Die Gesamtausgaben aller Verbraucher für Energie lagen im Jahr 2016 (ohne Mehrwertsteuer; einschl. Energiesteuern) bei rund 170 Mrd. €/a. Sie erreichten damit wieder das Kostenniveau des Jahres 2005, Energie insgesamt ist also so preiswert wie schon lange nicht mehr. Zu Zeiten relativ hoher Energiepreise (2008 und 2012) kletterte die Gesamtenergierechnung auf gut 200 Mrd. €/a. Der weitaus größte Anteil an dieser Energierechnung sind die Kosten für fossile Energieträger. Allein für den Import fossiler Energieträger mussten in 2016 rund 50 Mrd. €/a aufgewandt werden. Gegenüber 2012 hat sich die Importrechnung allerdings halbiert. Die so „eingesparten“ Ausgaben stehen für andere wirtschaftliche Aktivitäten, vorwiegend private Konsumausgaben, zur Verfügung und „stützen“ somit die derzeitige Konjunktur. Ein weiterer Teil der Ausgaben stellen Kapitaldienst und die Kosten für Betrieb und Wartung für Energieanlagen, Versorgungsnetze und andere Infrastrukturaufwendungen im Energiebereich dar. So wurden in 2016 rund 14 Mrd. €/a in neue EE-Anlagen investiert; die Jahreskosten aller EE-Anlagen belaufen sich auf rund 35 Mrd. €/a.

Die stetige und stabile Bereitstellung ausreichender Energiemengen ist also mit erheblichen Aufwendungen verbunden, die sich für hochentwickelte Volkswirtschaften wie Deutschland auf 5 bis 7% des BSP belaufen. Bei der notwendigen „Dekarbonisierung“ der Energieversorgung wird sich dieser Prozentsatz nicht grundsätzlich ändern. Einhergehend mit dem Umbau findet jedoch eine stetige Verschiebung von den verbrauchsgebundenen Ausgaben für fossile Energieträger zu Kapitaldienst, Wartung und Betrieb von EE-Anlagen und von Investitionen in verstärkte Effizienzmaßnahmen und -technologien in allen Sektoren statt. Damit findet einerseits eine Entkopplung von den -zeitweise sehr volatilen - Rohstoffpreisen für fossile Energien statt, andererseits wachsen die notwendigen Vorleistungen für Investitionen in emissionsfreie Energietechnologien, deren „Erträge“ sich erst im Laufe ihrer Nutzungsdauer einstellen.

Die für die Energiewende notwendigen Mehrinvestitionen und die resultierenden volkswirtschaftlichen Mehrkosten gegenüber einem Zustand ohne verstärkten Klimaschutz hängen von der in den Szenarien unterstellten Umstrukturierungsintensität und den angestrebten Zielen ab. In jüngster Zeit ist die Ermittlung dieser Werte in zwei Untersuchungen erfolgt<sup>4</sup>. In Studie A sind für drei Szenarien REF (THG-Reduktion bis 2050: -61%), Zielszenario I

<sup>4</sup>**Studie A:** „Klimapfade für Deutschland“. Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI), erstellt von Boston Consulting Group (BCG) und Prognos AG, München, Basel Januar 2018. **Studie B:** „Energie- und Klimaschutzziele 2030 für Baden-Württemberg.“ Studie im Auftrag des Umweltministeriums erstellt von Öko-Institut Freiburg, ZSW Stuttgart, Hamburg-Institut, IFEU Heidelberg, Fraunhofer-ISI Karlsruhe, J. Nitsch Stuttgart, September 2017

(-80%) und Zielszenario II (-95%) die betreffenden Angaben sehr detailliert ermittelt und erläutert worden. In Studie B sind entsprechende Abschätzungen für ein Bundesland erfolgt. Die Szenarien der Studie A entsprechen in der Zielsetzung und im Verlauf der Umstrukturierungen zu größeren Teilen den Szenarien dieser Untersuchung. Gemessen an der insgesamt kumulierten THG-Menge zwischen 2017 und 2050 ist REF etwas günstiger als TREND, während die Szenarien PLAN und OPT etwas mehr THG- Emissionen vermeiden als die beiden Zielszenarien in der Studie A. Deren Ergebnisse wurden daher verwendet, um die Investitionsvolumina für die Szenarien TREND (THG-Reduktion bis 2050: - 57%), KLIMA-18 PLAN (-82%) und KLIMA-18 OPT (-95%) abzuleiten. Für die Investitionen in EE-Anlagen wurden eigene Berechnungen angestellt. Die Resultate dieser Abschätzung sind in **Abbildung 7** dargestellt.



**Abb.7: Kumulierte Mehrinvestitionen (links) zwischen 2017 und 2050, getrennt nach EE-Anlagen (eigene Berechnungen) und Effizienztechnologien, Netze und Verkehr (modifiziert nach Studie A), sowie kumulierte Mehrkosten und vermiedene Klimaschäden (rechts) in den Szenarien TREND, KLIMA-18 PLAN und KLIMA-18 OPT**

Im Szenario TREND belaufen sich die kumulierten Mehrinvestitionen (links) zwischen 2017 und 2050 auf 500 Mrd. €, davon rund 200 Mrd. € für EE-Anlagen und 300 Mrd.€ für Effizienztechnologien, sowie den Ausbau von Netzen und Verkehrsinfrastrukturen. Für eine THG-Minderung gemäß Szenario KLIMA-18 PLAN sind kumulierte Mehrinvestitionen in Höhe von 1650 Mrd. € und für KLIMA-18 OPT von 2600 Mrd. € notwendig; davon beansprucht der Zubau der EE-Anlagen Mehrinvestitionen von 530 bzw. 630 Mrd. € gegenüber dem Erhalt des jetzigen Zustandes. Relativ große Beiträge erfordern laut Studie A der Ausbau von Netzen, der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur bei weitgehender Elektrifizierung des Verkehrs, sowie eine vollständige energetische Sanierung des Gebäudebestands. Im Jahresdurchschnitt belaufen sich die gesamten Investitionen auf 50 Mrd. €/a (PLAN) bzw. knapp 80 Mrd. €/a (OPT). Sie bewegen sich also in der Größenordnung der Ausgaben, die wir derzeit Jahr für Jahr für den Import fossiler Energieträger ausgeben. Dies macht deutlich, dass unsere Volkswirtschaft mit dem notwendigen Umbau der Energieversorgung auf keinen Fall überfordert ist. Der Umbau stellt im Gegenteil eine durchgreifende ökologische Modernisierung und Erweiterung der gesamten Energie- und Verkehrsinfrastrukturen dar und sichert damit die Zukunftsfähigkeit unserer Volkswirtschaft.

Die kumulierten Mehrkosten dieser Investitionsstrategie (Abb.7, rechts) steigen von 210 Mrd. € (TREND) auf rund 550 Mrd.€ (PLAN) bzw. 1200 Mrd. € (OPT). Diesen „Mehrkosten“ steht allerdings eine Abwendung der durch den Klimawandel zukünftig eintretenden Scha-

denstkosten gegenüber. Ein Maß dafür sind die in den Szenarien vermiedenen THG-Emissionen. Bei spezifischen Kosten von 80 €/tCO<sub>2aq</sub>, was nach UBA (2012)<sup>5</sup> eine Untergrenze der Abschätzung zukünftiger Klimaschadenskosten darstellt, werden im Szenario TREND kumulierte Schäden von 520 Mrd. € vermieden, im Szenario PLAN von 1030 Mrd. € und im Szenario OPT von 1400 Mrd. €. In jedem Fall ist also mit dem konsequenten Umbau der Energieversorgung ein volkswirtschaftlicher „Nutzen“ verbunden. Das Verhältnis der beiden Kostenblöcke verringert sich dabei stetig (Trend: 2,5; PLAN: 1,88; OPT: 1,14), da mit steigenden Anforderungen an den Klimaschutz zunehmend teurere Technologie- und Strukturoptionen in Anspruch genommen werden müssen. Andererseits wachsen mit den steigenden Anforderungen auch die wirtschaftlichen Optionen bei der Erschließung von Exportmärkten und bei der Schaffung neuer, zukunftsfähiger Arbeitsplätze.

Eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung ist also auch aus volkswirtschaftlicher Sicht eine sehr lohnenswerte Strategie. Aus der Gegenüberstellung der beiden Kostenelemente wird aber auch klar, dass nur eine umfassende Berücksichtigung und Bewertung der Klimaschadenskosten die wirtschaftlichen Akteure und die Bürger dazu veranlassen kann, die erforderlichen Investitionen in dem notwendigen Umfang und über einen längeren Zeitraum hinweg zu tätigen. Von der Politik müssen dazu rasch die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

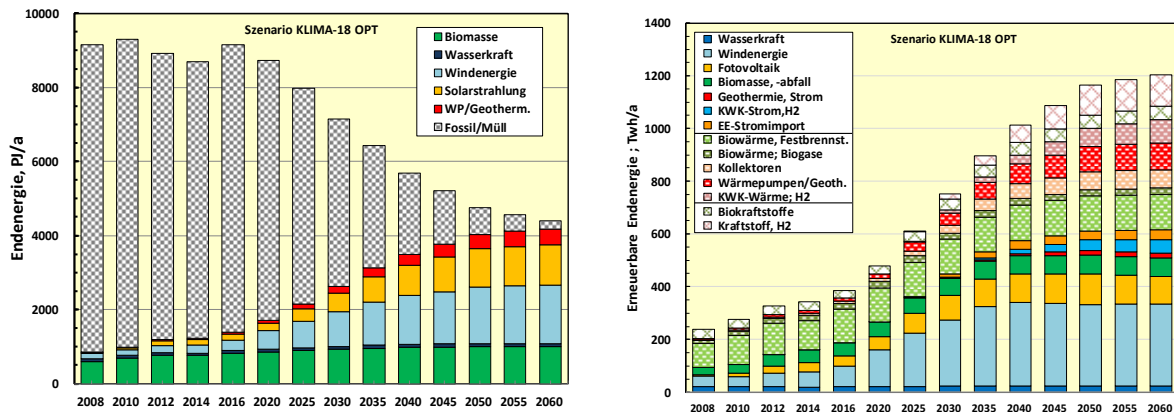
### **Energiewende und Klimaschutz brauchen sehr rasch wirksamere ökonomische Anreize**

Eine wirksame Verwirklichung der Energiewendeziele gemäß dem Pariser 2°C-Ziel setzt eine erhebliche, über Jahrzehnte stabile Entwicklungsdynamik in allen Sektoren der Energieversorgung voraus. Diese Entwicklungsdynamik muss zudem sehr rasch angestoßen werden. Der Start einer ernsthaften Energiewende begann im Jahr 1990, im Jahr 2020 ist also bereits die „Halbzeit“ erreicht, von den notwendigen Zwischenzielen sind wir jedoch noch weit entfernt (Status 2017: THG- Minderung -27%; Endenergieverringerung -3%; EE-Anteil = 16,3%). Wie ausgeführt, ist mindestens ein Umstrukturierungsprozess gemäß Szenario KLIMA-18 OPT erforderlich, um die Chance für eine 2 Grad-Welt offenzuhalten. Damit sind bis 2050 ein deutlicher Verbrauchsrückgang (OPT: Endenergie -50%; **Abb.8, links**) und ein Beitrag der EE am Endenergieverbrauch aller Sektoren von rund 95% erreichbar. Nur im Zusammenwirken beider Strategien kann dieser hohe EE-Anteil mit „nur“ einer knappen Verdreifachung des derzeitigen EE-Endenergiebeitrags erreicht werden (**Abb.8, rechts**).

Von derzeit 1502 PJ/a (417 TWh/a; Jahr 2017; vgl. Tabelle 2) EE-Endenergie steigt ihr Beitrag im Szenario KLIMA-OPT auf rund 4100 PJ/a (1140 TWh/a) im Jahr 2050. Die verbleibenden THG-Emissionen beliefen sich dann noch auf 63 Mio. t CO<sub>2aq</sub>/a (Reduktion um -95% ggü 1990), davon CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 47 Mio. t CO<sub>2</sub>/a. An den im Szenario KLIMA-18 OPT erläuterten Umstrukturierungsprozessen in allen Sektoren wird sichtbar, vor welchen enormen Herausforderungen eine Volkswirtschaft steht, wenn sie rechtzeitig einen ernsthaften Beitrag zum globalen Klimaschutz leisten will<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> In UBA (2012): „Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr“. Empfehlungen des Umweltbundesamtes; Berlin, August 2012 werden die kurzfristig auftretenden Schadenskosten des Klimawandels mit 40 – 120 €/tCO<sub>2</sub> angegeben. Für den Zeitraum um 2030 liegt die Bandbreite zwischen 70 und 215 €/tCO<sub>2</sub>. Für den langfristigen Zeitraum um 2050 steigen die Werte auf 130 – 390 €/tCO<sub>2</sub>. Für aktuelle Analysen wird ein „Best Practice“ Wert von 80 €/t empfohlen.

<sup>6</sup> In der BDI-Studie (2018) wird das dort beschriebene Zielszenario II (-95%) ebenfalls als an der „Grenze absehbarer technisch Machbarkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz“ beschrieben. Trotzdem ist die bis 2050 kumulierte THG- Menge mit rund 16 Gt CO<sub>2</sub> noch etwas höher als die des Szenarios KLIMA-18 OPT (13,5 Gt CO<sub>2</sub>). Beide Szenarien überschreiten das für Deutschland noch zulässige THG-Budget für die wahrscheinliche Einhaltung des 2°C-Ziels (~9 Gt CO<sub>2</sub>)



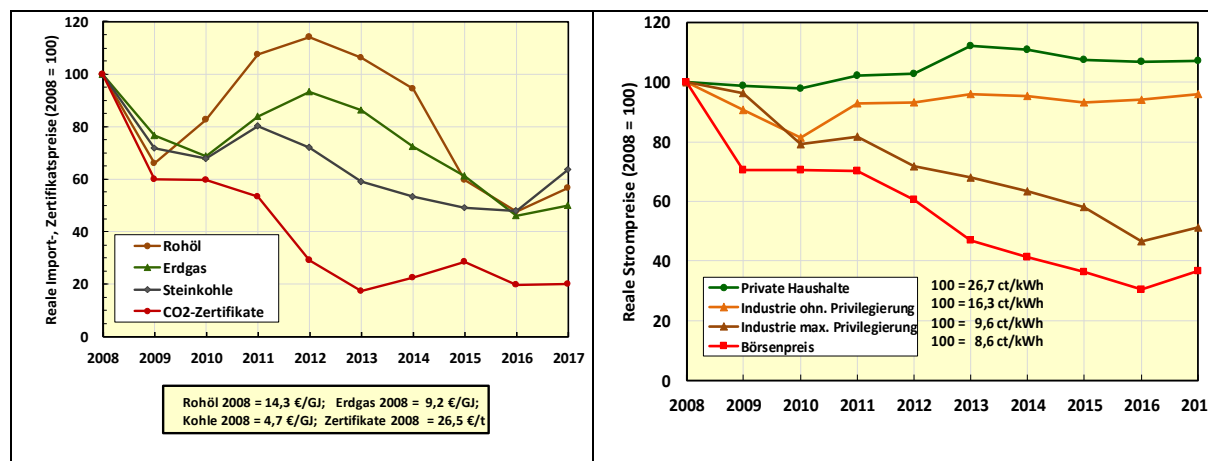
**Abbildung 8: Wirkung von Effizienz- und EE-Aufbaustrategien im Szenario KLIMA-18 OPT (links) und Struktur des EE-Zubaus (rechts; Endenergie) zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung**

Die derzeitige Energiewendepolitik besitzt aber noch keine kohärente Strategie, mit der die gewaltigen Herausforderungen eines Komplettumbaus **aller Sektoren** der Energieversorgung in der notwendigen Zeit bis 2050 wirksam bewältigt werden könnte. In den vergangenen Jahren hatte sich nur im Stromsektor dank des EEG eine ausreichende Zubaudynamik entwickelt. Dieses Gesetz hat seinerzeit indirekt das Versagen des herkömmlichen Energiemarktes für EE-Stromerzeugungstechnologien kompensiert. Damit konnten diese sich technologisch rasch entwickeln und das heutige sehr günstige Kostenniveau erreichen. Diese in Deutschland initiierte „Vorleistung“ hat sehr wirksam die gesamte globale Entwicklung der stromerzeugenden EE vorangebracht. Dieses Beispiel zeigt sehr prägnant, wie effektiv „korrekte“ Preissignale – im Sinne eines wirksamen Klimaschutzes – die notwendigen Entwicklungen und Investitionen in neue Energietechnologien anstoßen können

Bis auf diese Ausnahme ist das Marktgeschehen auf dem Energiemarkt jedoch weiterhin durch eine völlig unzulängliche Berücksichtigung der Schadenskosten des Klimawandels gekennzeichnet. Das trifft auch auf den Emissionshandel (ETS) in seinem derzeitigen Zustand zu, bei dem sich die Zertifikatspreise bei nur rund 5 €/tCO<sub>2</sub> bewegen. Deshalb operieren alle Akteure ständig mit falschen Preissignalen. Dies führt dazu, dass selbst wirtschaftliche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung unterbleiben, geschweige denn die im Exkurs erläuterten Investitionsvolumina für einen wirksamen Klimaschutz angestoßen werden. Die notwendige Beschleunigung der Energiewende, die möglichst viele Akteure zu klimafreundlichen Investitionen anreizt, ihnen eine angemessene wirtschaftliche Rendite bietet, und dabei marktwirtschaftlich effektiv abläuft, ist unter den jetzigen Rahmenbedingungen nicht möglich. Die stetige Anpassung der vorhandenen Instrumente, wie z.B. der Umstieg im EEG auf Ausschreibungen, versucht lediglich einige Symptome zu mildern, führt aber nicht zu faireren Marktbedingungen für die EE oder zu besseren Wirtschaftlichkeitsbedingungen für Effizienzinvestitionen, sondern konfrontiert die jeweiligen Akteure nach wie vor mit „falschen“ Energiepreisen, die einen dynamischen Zubau in allen Sektoren blockieren.

Ein markantes Beispiel dafür ist die Fehlentwicklung im Stromsektor mit permanent hoher Stromerzeugung aus Kohle und steigendem Stromexport bei gleichzeitig auf hohem Niveau stagnierender EEG-Umlage. Der notwendige sehr rasche Umbau der gesamten Stromversorgung („Kohleausstieg“) ist blockiert. Auch in den anderen Energiesektoren kommt der Transformationsprozess kaum in Gang. Seit Verkündung der Zielsetzung des Energiekonzepts ist erkennbar, dass die derzeitigen fossilen Energiepreise, die zwischen 2012 und 2016 stetig

gesunken sind (**Abbildung 9; links**), keine Anreize für eine deutliche Steigerung der Effizienz, für einen durchgreifenden Umbau der Wärmeversorgung, für einen weiteren Ausbau der KWK und erst recht nicht für einen durchgreifenden Wandel im Verkehrssektor liefern. Die Strompreise (real, Geldwert 2015) sind für die große Mehrzahl der Verbraucher seit 2008 weitgehend stabil geblieben (Gewerbe, Industrie ohne Privilegierung) bzw. nur gering gestiegen (Private Haushalte; **Abbildung 9; rechts**). Sie sind also nicht, wie gelegentlich behauptet - induziert durch die steigende EEG-Umlage- erheblich gestiegen. Eine wesentliche Ursache dafür ist der erheblich gesunken Börsenstrompreis, der heute bei 50% des Wertes von 2008 liegt. Profiteure dieser Entwicklung sind im besonderen Maß die privilegierten Industriebranchen, deren Strompreise mit unter 5 ct/kWh auf einem historisch niedrigen Niveau angelangt sind. Hätte man die Privilegierung der energieintensiven Branchen weniger großzügig gehandhabt, was möglich gewesen wäre, ohne ihre Wettbewerbsfähigkeit nennenswert zu beeinträchtigen, hätte man den Strompreisanstieg bei den Privaten Haushalten vermeiden können. Manche soziale Härte hätte dadurch vermieden werden können. Auch wären die Anreize, in wirksame Effizienztechnologien zu investieren in diesen Industriebranchen erheblich größer.



**Abbildung 9: Normierte Entwicklung der realen Preise fossiler Energieträger und von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten des ETS (links) und der realen Strompreise (rechts). Geldwert 2015; Quelle: BMWi, Okt. 2017, Agora Jahresauswertung-2017; Jan. 2018**

Die energiepolitischen Aktivitäten und Maßnahmenvorschläge der letzten Zeit (vgl. Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung) zeigen, dass die Politik erkannt hat, dass die Energiewende ins Stocken geraten ist. Sie ist aber nicht bereit ist, das Anreizsystem im Energiesektor jetzt grundsätzlich und konsequent auf die Verdrängung der fossilen Energieträger („Dekarbonisierung“) auszurichten. Es wird stattdessen stillschweigend von einer Verfehlung des kurzfristigen THG-Minderungsziels 2020 ausgegangen und die Weiterführung der Energiewende auf das nächste Jahrzehnt verschoben (vgl. Zielsetzung 2030). Das dafür eingesetzte Anreizinstrumentarium wird aber immer komplexer und undurchschaubarer. Es ist zudem teilweise widersprüchlich und besitzt keine eindeutige Lenkungswirkung hinsichtlich der Reduzierung fossiler Energieträger. Seine Ineffektivität wächst und es schreckt vor allem kleinere Akteure ab, sich mit den vielfältigen Fördermechanismen und -programmen, zunehmenden Ausnahmeregelungen, Anzeigepflichten und stetig zunehmenden kleinteiligen Neuerungen auseinanderzusetzen.

Die Energiewende braucht daher grundsätzlich einen „anderen“ Markt, der die verborgenen (externen) Kosten der fossilen Energieversorgung in wirksame Preissignale umsetzt. Das wirk-



samste Instrument dafür ist die **ausnahmslose CO<sub>2</sub>-Bepreisung aller fossilen Energieträger** gemäß ihrem Treibhausgaspotenzial. Bisher sind alle Versuche, den europäischen Emissionshandel zu reformieren, gescheitert. Die derzeit geplanten Anpassungen werden zu spät und nur unzureichend wirken. Immerhin erleichtern sie es aber, CO<sub>2</sub>-Preise auch mittels einer nationalen CO<sub>2</sub>-Abgabe in den (fossilen) Energiekosten sichtbar werden zu lassen, da jetzt für zusätzliche nationale Aktivitäten Emissionszertifikate gelöscht werden können. Für die nicht vom ETS betroffenen Bereiche hätte eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung ebenfalls erhebliche Auswirkungen. Die durch einen ungebremsten Klimawandel eintretenden Schäden (bzw. Kosten) würden in wirksame Steuerungssignale umgewandelt, die alle Akteure zu klimaschonenden Handeln und zu entsprechenden Investitionen veranlassen würde. Effizienzsteigerungen wären dann „automatisch“ sehr viel wirtschaftlicher und die EE-Technologien könnten sich weitgehend im marktwirtschaftlichen Wettbewerb weiter etablieren. Das derzeitige komplexe und unüberschaubare Förderinstrumentarium könnte schrittweise abgebaut werden.

Es wird daher höchste Zeit, dass die Politik die Empfehlungen einer wachsenden Zahl von Expertengruppen, wissenschaftlichen Instituten und Unternehmen<sup>7</sup> aufgreift und mittels einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung ein wirksames Klimapolitikinstrument schafft. Im Stromsektor könnte bei angemessen hohen CO<sub>2</sub>-Preisen ein erheblich rascherer, weil marktgetriebener Strukturwandel weg von Kohlekraftwerken und hin zu flexiblen Erdgaskraftwerken, weiteren EE-Anlagen, Speichern und sonstigen Strukturinvestitionen erfolgen. Die noch verbleibende, deutlich geringere EEG-Umlage und die KWK-G-Umlage könnten aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe finanziert werden, die Stromsteuer könnte wegfallen. Ein rascher und vollständiger Strukturwandel im Stromsektor (vgl. Abschnitt 2) ist eine zentrale Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende, da EE-Strom der „Hauptenergieträger“ einer klimaverträglichen Energieversorgung sein wird. Zugleich würde EE-Strom der notwendige Zugang zum Wärme- und Verkehrssektor erleichtert.

### **Ausgestaltung und Wirkungen einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossile Energieträger**

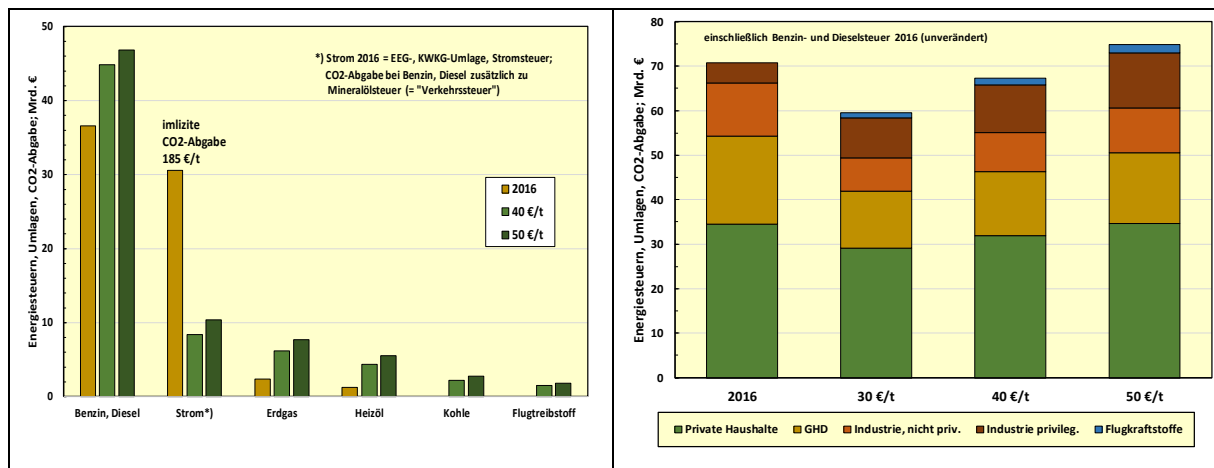
Das Aufkommen an Steuern und Umlagen im Energiebereich ist erheblich. Die eigentlichen Energiesteuern, also die Steuern auf Kraftstoffe, Heizöl und Erdgas beliefen sich im Jahr 2016 auf rund 40 Mrd. € (Kraftstoffe 36,5 Mrd. €, Erdgas 2,4 Mrd. €, Heizöl 1,2 Mrd. €; **Abbildung 10**, links; linke Balken). Für Strom fallen neben der Stromsteuer (6,57 Mrd. €) die EEG-Umlage (22,88 Mrd. €) und die KWK-G-Umlage (1,14 Mrd. €), zusammen also 30,6 Mrd.€, an. Insgesamt werden jährlich knapp 71 Mrd.€ an Abgaben von den Energieverbrauchern erhoben. Legt man die Kraftstoffsteuer auf die Verbrauchergruppen Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und Industrie, letztere unterteilt nach privilegierten Branchen und übrigen Betrieben, um (**Abbildung 10, rechts; Balken 2016**), so stellt man eine deutlich unausgewogene Beteiligung an diesem Aufkommen fest.

Private Haushalte zahlen mit rund 35 Mrd. € (**Tabelle 7**; davon rund 21 Mrd.€ für Kraftstoffe, 8,7 Mrd. € EEG- und KWKG-Umlage, 2,6 Mrd.€ Stromsteuer und 2,2 Mrd. € Erdgas- und Heizölsteuer) rund die Hälfte; danach folgen GHD mit 20 Mrd.€. Die Industrie wird mit insgesamt 16 Mrd.€ belastet, davon zahlen die privilegierten Branchen näherungsweise allerdings nur

---

<sup>7</sup> u.a.: (1) der wissenschaftliche Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) am 24. Nov. 2016: „Die essenzielle Rolle des CO<sub>2</sub>-Preises für eine effektive Klimapolitik“; (2) die Expertengruppe zum Monitoring-Prozess in ihrer Stellungnahme zum Monitoring-Bericht für das Jahr 2015: „...die Expertenkommission schlägt eine allgemeine CO<sub>2</sub>-Bepreisung als Leitinstrument vor...“; (3) Wirtschaftsgutachten 2017 des Sachverständigenrat „Für eine zukunftsorientierte Wirtschaftspolitik“: „Im Bereich des Klimaschutzes sollte die Energiewende auf Basis eines einheitlichen CO<sub>2</sub>-Preises vorangetrieben werden, um anstelle des bisherigen planwirtschaftlichen und kleinteiligen Vorgehens einen marktwirtschaftlichen Ansatz zu verfolgen.“ (4) Handelsblatt vom 18.2.18: „Dax-Konzerne drängen Regierung zu CO<sub>2</sub>-Gebühren.“ Siehe auch „Verein für eine nationale CO<sub>2</sub>-Abgabe; [www.co2abgabe.de](http://www.co2abgabe.de)





**Abbildung 10: Aufkommen an heutigen Energiesteuern und Umlagen sowie einer alternativen CO<sub>2</sub>-Abgabe (links); Verteilung des jeweiligen Gesamtaufkommens auf die Verbrauchergruppen Private Haushalte, GHD und Industrie (rechts).**

**Tabelle 7: Aufkommen aller Umlagen und Steuern im Energiebereich (2016) und bei Erhebung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe auf alle fossilen Energieträger; umgelegt auf Verbrauchergruppen**

Gesamte Umlagen und Steuern, umgelegt auf Verbrauchergruppen (Mrd. €)							
	2016	2016	Gesamt	Gesamt*)	Gesamt*)	Gesamt*)	
	KS-Steuer	Übrige**)	2016	30 €/t	40 €/t	50 €/t	
Private Haushalte	21,03	13,56	34,59	29,16	31,91	34,60	
GHD	7,79	12,25	20,04	12,66	14,33	15,93	
Industrie, nicht priv.	4,05	7,53	11,58	7,67	8,91	10,10	
Industrie privileg.	3,63	0,81	4,44	8,87	10,67	12,39	
Flugkraftstoffe	0,00	0,00	0,00	1,09	1,45	1,82	
<b>Gesamt</b>	<b>36,51</b>	<b>34,15</b>	<b>70,66</b>	<b>59,45</b>	<b>67,28</b>	<b>74,83</b>	
<b>Differenz zu Ist (2016)</b>				<b>-11,21</b>	<b>-3,38</b>	<b>4,17</b>	
*) Kraftstoffsteuer in Höhe und Verteilung unverändert (2016)							
**) EEG-Abgabe, KWKG-Abgabe, Strom-, Erdgas- und Heizölsteuer							

4,4 Mrd.€, wovon rund 82% aus der Kraftstoffsteuer resultieren. Bei völliger Gleichbehandlung aller Verbraucher fielen - unter der Voraussetzung eines unveränderten Aufkommens an Steuern und Umlagen - auf den Industriesektor 23 Mrd.€. Infolge der derzeitigen Privilegierung energieintensiver Industrieunternehmen werden also rund 7 Mrd. € auf die anderen Verbrauchergruppen verlagert. Bezieht man auch die durch Privilegierung entgangenen Einnahmen bei der Strom-, Erdgas- und Heizölsteuer ein, so steigen diese Privilegien auf rund 13 Mrd. € (Strom 10,2 Mrd.€; Erdgas 1,5 Mrd.€, Heizöl 1,2 Mrd.€; vgl. auch FÖS 2017<sup>8</sup>).

Auch unter Klimaschutzgesichtspunkten hat die derzeitige Abgabenstruktur erhebliche Mängel. Erdgas und Heizöl, die den Wärmesektor dominieren, werden nur mit 23 €/tCO<sub>2</sub> (voller Steuersatz: 0,55 ct/kWh) bzw. 19 €/tCO<sub>2</sub> (voller Steuersatz: 0,61ct/kWh) belastet, woraus nur sehr geringe Vermeidungsanreize resultieren. Stromverbrauch wird dagegen implizit mit einer

<sup>8</sup> „Ausnahmeregelungen für die Industrie bei Energie- und Strompreisen“. Ch. Freericks, A. Swidler; FÖS, Kurzanalyse Berlin April 2017

Belastung von bis zu rund 185 €/tCO<sub>2</sub><sup>9</sup> beaufschlagt. Es wird nicht die CO<sub>2</sub>-Intensität des eingesetzten Brennstoffs berücksichtigt, sondern es findet pauschal eine Belastung des Verbrauchs durch Steuern und Umlagen statt. Lediglich über den ETS wird derzeit eine sehr geringe Klimawirkung in Höhe von rund 0,3 ct/kWh auf den Börsenstrompreis ausgeübt. Da Strom bzw. dessen wachsender EE-Anteil das Rückgrat der zukünftigen Energieversorgung in allen Verbrauchssektoren sein muss (Sektorkopplung), ist die derzeitige Belastungsstruktur des Strompreises (für nichtprivilegierte Verbraucher) ein wesentliches Hemmnis für eine klimagerechte Ausgestaltung der zukünftigen Energieversorgungsstrukturen.

Auch Kraftstoffe sind implizit mit einem hohen CO<sub>2</sub>-Preis versehen, wenn man die Steuern auf Diesel und Benzin auf ihre spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen umlegt (Benzin 7,46 ct/kWh = 240 €/tCO<sub>2</sub>; Diesel 4,77 ct/kWh = 160 €/t CO<sub>2</sub>). Diese Steuern dienen der Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturen bzw. des Staatshaushalts. Lediglich ihre Erhöhung während der Ökologischen Steuerreform zwischen 1999 und 2003 kann mit Klima- und Umweltargumenten begründet werden<sup>5</sup>. Eine zusätzliche Klimaschutzwirkung entsteht erst, wenn zusätzliche CO<sub>2</sub>-Komponenten auf diese traditionelle „Verkehrsinfrastruktursteuer“<sup>10</sup> aufgesetzt werden. Dies wird im Folgenden angenommen. Die zusätzliche Wirkung dieser CO<sub>2</sub>-Komponente auf den Kraftstoffverbrauch und das Verkehrsverhalten ist natürlich wegen der bereits vorhandene „impliziten“ CO<sub>2</sub>-Besteuerung deutlich geringer als z.B. im Wärmesektor. Sie wird daher allein nicht ausreichen, die notwendigen Umstrukturierungen im Verkehr ausreichend schnell voranzubringen.

Eine einheitliche CO<sub>2</sub>-Abgabe auf alle fossilen Energieträger - unter der Prämisse der zusätzlichen Beibehaltung der Kraftstoffbesteuerung in heutiger Höhe – kann mit angemessenen CO<sub>2</sub>-Preisen ein ähnliches Aufkommen aus dem Verbrauch von Energieträgern wie die derzeitige Abgabenstruktur (Abbildung 10; rechts) generieren. Bei einer Abgabe in Höhe von 40 €/t CO<sub>2</sub><sup>11</sup> entstehen Einnahmen in Höhe von 31 Mrd. € (einschließlich Kraftstoffsteuer 67 Mrd. €; Tabelle 7); gegenüber dem Steuer- und Umlagenaufkommen 2016 besteht also noch ein „Defizit“ von rund 3 Mrd. €. Bei einem CO<sub>2</sub>-Satz von 50 €/t entsteht mit einem Aufkommen von 75 Mrd. € ein „Überschuss“ von rund 4 Mrd. € (Tabelle 7). Werden keine Ausnahmen (Privilegierungen) zugelassen, werden Private Haushalte, GHD und nichtprivilegierte Industriebranchen-/betriebe relativ zum jetzigen Zustand um zusammen 11 Mrd. € entlastet (bei 40 €/tCO<sub>2</sub>), die privilegierte Industrie würde 6 Mrd. € mehr bezahlen (was weniger ist als die derzeitigen Privilegierungen), hinzu käme noch der Luftverkehr mit 1,5 Mrd. €.

Die Lenkungswirkung hinsichtlich Klimaschutz wird erheblich verstärkt und ist wesentlich zielgerichteter (Abbildung 10, links). Für Strom sinkt die Belastung mit Steuern und Umlagen von 30,6 Mrd. € auf nur noch 8,4 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 10,3 Mrd. € (50 €/tCO<sub>2</sub>). Dabei wird von einem Anstieg des mittleren Strombörsenpreises gegenüber dem jetzigen Zustand (CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis ca. 5 €/) um 1,6 ct/kWh bzw. 2,0 ct/kWh ausgegangen. Damit wird gezielt eine Abgabe nur auf die fossile Stromerzeugung erhoben, die bisherige unspezifische Stromsteuer mit einem Aufkommen von 6,57 Mrd. € (Nominaler Steuersatz 2,05 ct/kWh, Mittelwert über alle Verbraucher = 1,27 ct/kWh) entfällt. Die Steuern auf Heizöl und Erdgas verdreifachen sich etwa, hinzu kommt Kohle (als Endenergie). Brennstoffe werden mit insgesamt 12,7 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 15,9 Mrd. € (50 €/tCO<sub>2</sub>) beaufschlagt, damit um 9,1 Mrd. € bzw. 12,3 Mrd.€ mehr

<sup>9</sup> Agora Energiewende (2017): „Neue Preismodelle für Energie- Grundlagen einer Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen auf Strom und fossile Energieträger“. Hintergrund Berlin April 2017.

<sup>10</sup> Diese „Verkehrsinfrastruktursteuer“ könnte prinzipiell auch über eine ausgeweitete Maut und eine Ausweitung der KFZ-Steuer finanziert werden. Eine verbleibende Energiesteuer könnte dann ausschließlich mit umwelt- und klimarelevanten Argumenten begründet werden.

<sup>11</sup> Nach UBA (2012) der Mindestwert für kurzfristige Klimaschadenskosten.

als im jetzigen Zustand. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe für Kraftstoffe führt zu einem zusätzlichen Aufkommen von 9,7 Mrd. € (40 €/tCO<sub>2</sub>) bzw. 12,2 Mrd. € (50 €/tCO<sub>2</sub>), hinzu kommt noch ein Aufkommen für Flugtreibstoffe in Höhe von 1,5 Mrd. € bzw. 1,8 Mrd. €.

Im Wärmebereich führt diese CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossile Brennstoffe zu erheblichen Impulsen zur Einleitung einer „Wärmewende“, also einer verstärkten energetischen Altbausanierung, einer Beschleunigung des EE-Ausbaus und zu einem rascheren Ausbau von Wärmenetzen, die für den verstärkten Ausbau der KWK, die Sektorkopplung (Power to Heat) und den verstärkten EE-Einsatz erforderlich sind. Im Verkehrssektor stimuliert eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Abgabe (über die bestehende Mineralölsteuer hinaus) dringend notwendige Anreize, rascher von fossilen Antrieben wegzukommen und die Einführung der Elektromobilität zu erleichtern. In der Luftfahrt bedeutet eine CO<sub>2</sub>-Abgabe den unter Klimaschutzgesichtspunkten längst überfälligen Einstieg in die Besteuerung von Flugkraftstoffen.

Mit dem Aufkommen aus einer CO<sub>2</sub>-Abgabe, die definitionsgemäß nur aus dem Einsatz fossiler Energieträger stammt, können die Zwecke der derzeitigen Steuern und Umlagen gleichwertig erfüllt werden. Sie erlaubt die Finanzierung der EEG- und der KWK-Umlage, solange diese noch erforderlich sind<sup>12</sup>. Der verbleibende Teil des Aufkommens kann, ebenso wie das derzeitige Steueraufkommen, zur Finanzierung von Staatsaufgaben und damit u.a. auch zur Milderung sozialer Härten eingesetzt werden. Da sich zudem Strom für die Mehrzahl der Endverbraucher deutlich verbilligt, fossile Wärme und Kraftstoffe sich verteuern, wird mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe in marktwirtschaftlich „optimaler“ Weise die erforderliche Sektorkopplung, d.h. das Vordringen von EE-Strom im Wärme- und im Verkehrssektor angestoßen und kann zukünftig gezielt durch eine stetige Anpassung des CO<sub>2</sub>-Preises aufrechterhalten werden. Im Gegensatz zu den zahlreichen Stellgrößen des derzeitigen vielfältigen, unübersichtlichen, teilweise widersprüchlichen und mit zahlreichen Ausnahmeregelungen behafteten Förderinstrumentariums kann ein CO<sub>2</sub>-Preis deshalb als eine zentrale effektive Steuerungsgröße in der Energiewende eingesetzt werden.

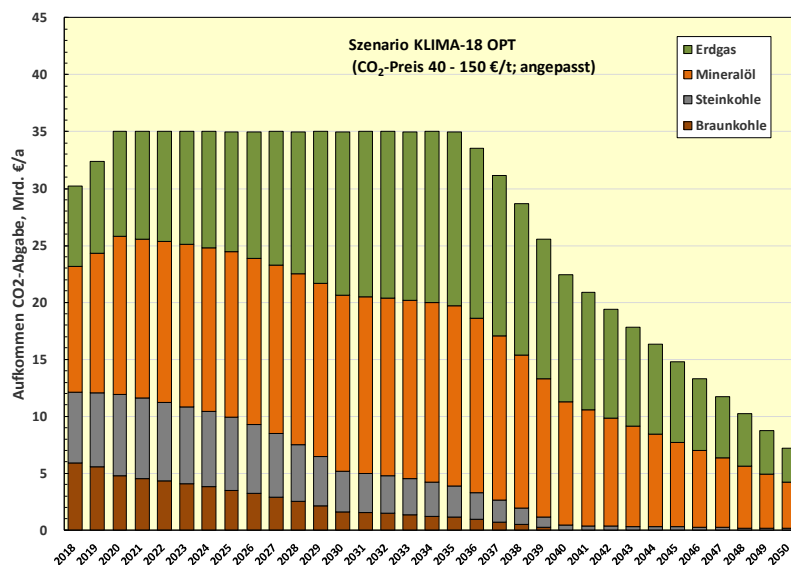
Dieses marktkonforme und transparente Steuerungsinstrument gewährleistet die notwendige Flexibilität und Schnelligkeit bei der permanent notwendigen Anpassung und Neujustierung des Transformationsprozesses im Energiebereich bis zur völligen „Dekarbonisierung“ um die Jahrhundertmitte. Eine Möglichkeit zur Gestaltung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe wird in **Abbildung 11** vorgestellt. Die maximale Aufkommenshöhe wird zwischen 2020 und 2035 auf 35 Mrd. €/a festgelegt, was etwa dem Aufkommen an EEG- und KWK-Umlage, sowie den Einnahmen aus Strom-, Erdgas- und Heizölsteuer des Jahres 2016 entspricht (Tabelle 7, Spalte „Übrige“).

Damit wird eine gegenüber dem heutigen Zustand **aufkommensneutrale Finanzierung** des Strukturwandels in der Energieversorgung sichergestellt. Im Szenario KLIMA-18 OPT ist dazu im Jahr 2020 ein CO<sub>2</sub>-Preis von 54 €/tCO<sub>2</sub> erforderlich, der bis 2025 auf 67, bis 2030 auf 98 und bis 2035 auf 138 €/tCO<sub>2</sub> steigt. In 2040 wird der Maximalwert von 150 €/tCO<sub>2</sub> erreicht. Das kumulierte Aufkommen zwischen 2018 und 2050 bei diesem Verlauf der CO<sub>2</sub>-Abgabe beläuft sich auf 900 Mrd. € und repräsentiert einen Teil der ohne aktiven Klimaschutz eintretenden Klimaschäden. Damit können 75% der für dieses Szenario ermittelten Mehrkosten (vgl. Exkurs) finanziert werden. Mit diesem Verlauf des CO<sub>2</sub>-Preises bewegt man sich immer noch im unteren Bereich der vom Umweltbundesamt (UBA 2012) ermittelten Schadenskosten des Klimawandels. Je nach Fortschritt der THG-Minderung sind daher zu späteren Zeitpunkten auch noch höhere CO<sub>2</sub>-Preise vorstellbar. Würde man z. B. für 2050 einen CO<sub>2</sub>-Preis von 260 €/CO<sub>2</sub>

---

<sup>12</sup> Mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe sinken diese Umlagen „automatisch“, da die Strombörsenpreise und somit die Vermarktungserlöse (der „Wert“) von EE- und KWK-Strom steigen. Bei einer aufkommensneutralen Abgabenhöhe bleibt also noch Spielraum für andere Maßnahmen im Energiebereich.

vorgeben – was dem Mittelwert der in UBA 2012 ermittelten Schadenskosten für diesen Zeitraum entspricht – würde sich das Aufkommen zur Finanzierung der Mehrkosten des Szenarios KLIMA-18 OPT auf knapp 1000 Mrd. € erhöhen.



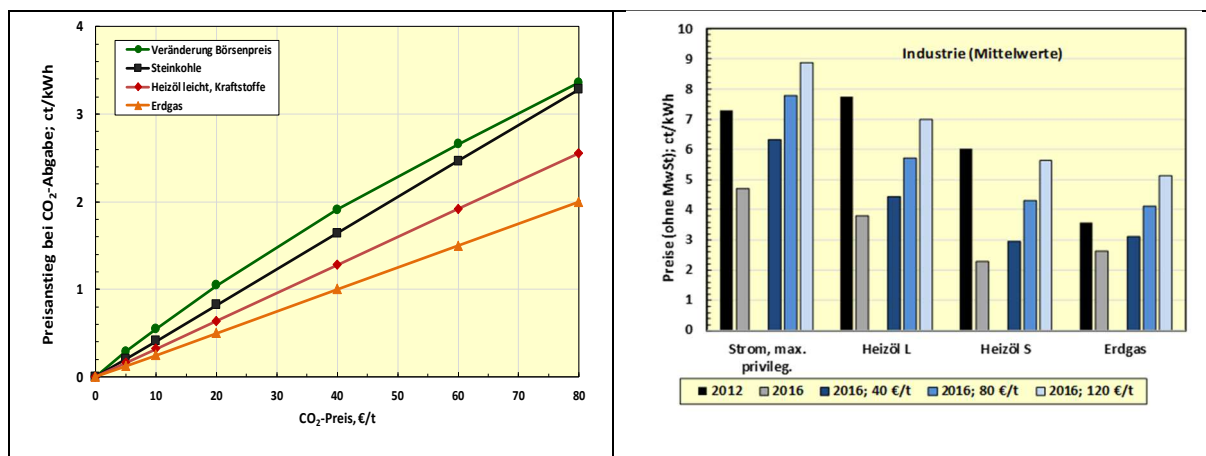
**Abbildung 11: Möglicher Verlauf des Aufkommens einer CO<sub>2</sub>-Abgabe im Szenario KLIMA-18 OPT mit Deckel bei 35 Mrd. €/a zwischen 2020 und 2035.**

Die obige Zuordnung des Aufkommens aus einer CO<sub>2</sub>-Abgabe zu den Verbrauchssektoren (Abb. 10, rechts; Tabelle 7) ist ohne Berücksichtigung der derzeitigen Privilegierungen im Industriesektor erfolgt. Damit werden die derzeit nicht privilegierten Verbraucher, insbesondere die Privaten Haushalte „automatisch“ entlastet. Auf die privilegierten Unternehmen entfällt dagegen bei einer CO<sub>2</sub>-Abgabe von 40 €/tCO<sub>2</sub> ein Mehraufwand von 6,3 Mrd. € (für die gesamte Industrie von 3,4 Mrd. €). Das ist weniger als es den derzeitigen Vergünstigungen bei unverändertem Aufkommen (7,1 Mrd. €) entspricht. Um das Verursacherprinzip bei der Internalisierung externer Kosten der fossilen Energienutzung möglichst weitgehend einzuhalten, sollte die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe dazu benutzt werden, die in den letzten Jahren sehr weit getriebene Privilegierung insbesondere bei der EEG-Umlage und der Stromsteuer neu zu justieren und ausschließlich auf Unternehmen mit einem hohen Energiekostenanteil, die gleichzeitig im internationalen Wettbewerb stehen, zu beschränken. Bei der heutigen Energiekostensituation gibt es dazu erheblichen Spielraum. Seit 2012 sind die Strompreise privilegierter Unternehmen, parallel zu Börsenstrompreis, erheblich gesunken. Auch die Brennstoffpreise sind sehr niedrig (**Abbildung 12, rechts**; schwarze und graue Balken); vgl. auch Abbildung 9, rechts). Aus einer CO<sub>2</sub>-Abgabe zwischen 40 und 80 €/t CO<sub>2</sub> resultieren an der Strombörse näherungsweise Strompreiserhöhungen zwischen 1,6 und 3 ct/kWh<sup>13</sup> (ggü. heutigen Zertifikatspreise von 5 €/tCO<sub>2</sub>; **Abbildung 12, links**).

Damit würde für privilegierte Unternehmen wieder das Strompreisniveau des Jahres 2012 erreicht. Auch bei Brennstoffen bewegt sich der Anstieg in diesem Bereich. Die Mehrzahl der Unternehmen kann daher deutlich höhere Energiepreise verkraften, ohne dass ihre Wettbewerbssituation geschwächt würde. Verbleibende, gut begründete Privilegierungen, können ggf. aus „Überschüssen“ einer CO<sub>2</sub>-Abgabe finanziert werden. Das Aufkommen einer CO<sub>2</sub>-

<sup>13</sup> Dieser Preisanstieg muss nicht – oder nur in geringem Umfang -an Private Haushalte, GHD und nicht privilegierte Industrien weitergegeben werden, da mit steigendem Strombörsenpreis EEG- und KWKG-Umlage sinken.

Abgabe von 50 €/tCO<sub>2</sub> ist bereits um 4 Mrd. € höher als das derzeitige Aufkommen von Umlagen und Energiesteuern, womit rechnerisch noch ein Mehraufwand der privilegierten Unternehmen von 3,8 Mrd. € verbliebe, also etwa der Hälfte der derzeitigen Privilegierung.



**Abbildung 12: Preisanstieg von Strom und Brennstoffen bei einer CO<sub>2</sub>-Abgabe bis zu 80 €/tCO<sub>2</sub> (links) und Vergleich der resultierenden Energiepreise in der Industrie mit den Preisen der Jahre 2012 und 2016 (rechts).**

Zweifelloos stellt die konsequente Einführung einer nationalen CO<sub>2</sub>-Abgabe einen Paradigmenwechsel in der Energiewirtschaft dar. Auch sind noch verschiedene Fragen bei der Umsetzung einer einheitlichen und ausnahmslosen CO<sub>2</sub>-Bepreisung aller fossilen Energieträger zu präzisieren, so z.B. die Konformität mit europäischem Recht oder dem Welthandelsrecht.<sup>14</sup> Es gibt jedoch keine Hindernisse, die bei gutem Willen nicht zu überwinden wären. Angesichts der inzwischen allgemein anerkannten erheblichen Vorteile einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung und ihrer transparenten und marktwirtschaftlich optimalen Wirkung bei der „Dekarbonisierung“ von Volkswirtschaften, wäre es insbesondere für Deutschland – das sich nach wie als Vorreiter beim Klimaschutz versteht – dringend notwendig als entscheidender Impulsgeber voranzugehen. Die Gelegenheit ist günstig, da es schon positive Ansätze dazu in verschiedenen Ländern gibt. Und mit unserem Nachbarland Frankreich steht ein Partner bereit<sup>15</sup>, mit dem zusammen es gelingen könnte, das Instrument einer allgemeinen CO<sub>2</sub>-Bepreisung über nationale Grenzen hinaus einzuführen und rasch auf Europa und darüber hinaus auszudehnen.

<sup>14</sup> Vgl. z.B. J. Lange, J. Nitsch, P. Becker: „Plädoyer für eine wirksame CO<sub>2</sub>-Bepreisung in dieser Legislaturperiode“. ZNER 2017, Heft 6, S. 459-468;

<sup>15</sup> O. Edenhofer, Ch. M. Schmidt: „Klimaschutz mit Frankreich“. Frank. Allg. Zeitung, 20. Febr. 2018



**Joachim Nitsch**, Jahrgang 1940, wohnhaft in Stuttgart, Studium des Maschinenbaus und der Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart, 1966 Diplom-Ingenieur, 1971 Promotion an der RWTH Aachen. Seit 1973 wissenschaftliche Arbeiten im Energiebereich, von 1976 bis 2005 Leiter der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart. Seit 2006 Gutachter und Berater für innovative Energieversorgungssysteme und Klimaschutzstrategien.

Ausgewählte Bücher: Winter, Nitsch: „Wasserstoff als Energieträger – Technik, Systeme, Wirtschaft“, Springer-Verlag 1986; Nitsch, Luther: „Energieversorgung der Zukunft“, Springer-Verlag, 1990; Altner, Dürr, Michelsen, Nitsch: „Zukünftige Energiepolitik“, Economica-Verlag, 1995; zahlreiche Energiestudien, u.a. Hauptautor der Studie „Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien“ für das Umweltbundesamt, 2000; Hauptautor der Leitstudien „Erneuerbaren Energiesysteme“ für das Bundesumweltministerium in den Jahren 2004 bis 2012. 2005 Solarpreis der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS); 2010 Deutscher Solarpreis von EUROSOLAR, Sonderpreis für persönliches Engagement.

[jo.nitsch@t-online.de](mailto:jo.nitsch@t-online.de)

## Anhang:

### Eckdaten zu den Szenarien TREND-18; KLIMA-18 PLAN und KLIMA-18 OPT

#### A) Übersicht

Tabelle A1: Ausgewählte Ist-Werte und Zielwerte 2020

IST - Werte	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Ziel 2020
<b>THG-Emissionen*)</b>								
Absolut; Mio.t CO <sub>2äquiv</sub> /a	975	925	942	903	907	909	905	750
Reduktion ggü. 1990; %	-22,1	-26,1	-24,8	-27,9	-27,6	-27,4	-27,7	-40
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen **)</b>								
Gesamt; Mio.t CO <sub>2</sub> /a	854	817	835	795	792	799	796	630
Reduktion ggü. 1990; %	-18,7	-22,2	-20,5	-24,3	-24,6	-23,9	-24,2	(-40)
nur Stromerzeugung; Mio.t CO <sub>2</sub> /a	330	326	331	316	309	306	292	
Reduktion ggü. 1990; % ***)	-7,6	-8,7	-7,3	-11,5	-13,4	-14,3	-18,2	
<b>Effizienz</b>								
Primärenergieverbrauch; PJ/a	14380	13447	13822	13180	13262	13420	13525	11500
Reduktion bez. auf 2008; %	0,0	-6,5	-3,9	-8,3	-7,8	-6,7	-5,9	-20
Endenergieverbrauch; PJ/a	9159	8919	9179	8699	8899	9151	9205	(7810)
Reduktion bez. auf 2008; %	0,0	-2,6	0,2	-5,0	-2,8	-0,1	0,5	
Bruttostromverbrauch; TWh/a	618	606	604	591	595	595	600	557
Reduktion bez. auf 2008; %	0,0	-2,0	-2,3	-4,4	-3,7	-3,7	-2,9	-10
Endenergie Verkehr; PJ/a	2571	2560	2612	2616	2621	2696	2730	2314
Reduktion bez. auf 2008; %	0,0	-0,4	1,6	1,8	1,9	4,9	6,2	-10
<b>EE-Zubau</b>								
EE-Endenergie; PJ/a	857	1182	1226	1231	1354	1391	1502	1460
Anteil an Endenergie; %	9,4	13,3	13,4	14,1	15,2	15,2	16,3	18,7****)
EE-Strom; TWh/a	93,2	142,4	151,3	161,4	187,4	188,3	216,7	195
Anteil an Bruttoverbrauch; %	15,1	23,5	25,1	27,3	31,5	31,6	36,1	35
EE-Wärme; PJ/a *****)	394	546	568	533	571	605	615	
Anteil am Wärmeverbrauch; %	7,8	12,1	12,2	12,4	12,9	13,0	13,2	14
*) 1990 = 1252 Mio. t CO <sub>2äquiv</sub>	**) Energie und Industrieprozesse (1990 = 1050 Mio. t CO <sub>2</sub> )						Bilanzen; 28.3.2018	
****) 1990 = 357 Mio. t CO <sub>2</sub> /a;	****) 18% bezogen auf Brutto-Endenergieverbrauch lt. EU-Richtlinie 2009/28/EG							
*****) ohne EE-Strom für Wärmezwecke	( ) aus Zielvorgaben abgeleitete Werte							

Tabelle A2 a,b,c: Zielwerte und Szenariodaten für die Jahre 2020, 2030 und 2050

	2016	2017	Energie- konzept 2020	Szenarien 2020		
				TREND-18	KLIMA-18 PLAN	KLIMA-18 OPT
<b>THG-Emissionen</b>						
Gesamte THG-Emissionen (1990 = 1252 Mio. t CO <sub>2</sub> eq/a)	909	905	751	853	801	750
Reduktion bez. auf 1990; (%)	<b>-27,4</b>	<b>-27,7</b>	<b>-40,0</b>	<b>-31,9</b>	<b>-36,0</b>	<b>-40,1</b>
<b>Energieverbrauch</b>						
Primärenergieverbrauch (PJ/a)	13420	13525	<b>11500</b>	12955	12682	12336
Bruttoendenergieverbr. (PJ/a)*	9471	9527	(8100)	9263	9133	8985
Bruttostromverbrauch (TWh/a)	595	600	<b>557**</b>	601	601	600
Endenergie Verkehr (PJ/a)	2696	2730	<b>2314</b>	2733	2667	2607
Raumwärme + WW(PJ/a)	2584	2580	<b>2300</b>	2475	2432	2410
<b>EE-Energiebeiträge</b>						
EE-Endenergie (PJ/a)	1391	1502	1460	1594	1665	1709
Anteil an Bruttoendverbr. (%)	<b>14,7</b>	<b>15,8</b>	<b>18,0</b>	<b>17,2</b>	<b>18,2</b>	<b>19,0</b>
EE-Strom (TWh/a)	188	217	195	242	253	265
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	<b>31,6</b>	<b>36,1</b>	<b>35,0</b>	<b>40,3</b>	<b>42,1</b>	<b>44,2</b>
EE-Wärme (PJ/a)***	605	615		622	653	656
Anteil an Wärmeverbrauch (%)***)	<b>13,0</b>	<b>13,2</b>	<b>14,0</b>	<b>14,0</b>	<b>14,9</b>	<b>15,7</b>
EE-Kraftstoffe (PJ/a)	108	106		110	110	110
Anteil an Endenergie Verkehr(%)****	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>		<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>						
KWK- Strom, TWh/a	109,8	111,0	139	111	115	115
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	18,4	18,5	<b>25,0</b>	18,4	19,1	19,1
*) Bruttoendenergieverbrauch = 1,03 x Endenergieverbrauch				Bilanzen; 28.3.2018		
**) ohne Berücksichtigung neuer Einsatzfelder für EE-Strom (Elektromobilität, neue Wärmenutzung, Power to Gas)						
***) ohne Stromeinsatz für Wärmezwecke; ****) ohne I ( ) aus Zielvorgaben abgeleitete Werte						
<b>Szenarien 2030</b>						
	2016	2017	Energie- konzept 2030	TREND-18	KLIMA-18 PLAN	KLIMA-18 OPT
<b>THG-Emissionen</b>						
Gesamte THG-Emissionen (1990 = 1252 Mio. t CO <sub>2</sub> eq/a)	909	905	564	742	563	430
Reduktion bez. auf 1990; (%)	<b>-27,4</b>	<b>-27,7</b>	<b>-55,0</b>	<b>-40,7</b>	<b>-55,0</b>	<b>-65,7</b>
<b>Energieverbrauch</b>						
Primärenergieverbrauch (PJ/a)	13420	13525	<b>10065</b>	11485	10506	9410
Bruttoendenergieverbr. (PJ/a)*	9471	9527	(7550)	8583	8058	7367
Bruttostromverbrauch (TWh/a)	595	600	<b>525**</b>	607	647	654
Endenergie Verkehr (PJ/a)	2696	2730	<b>1535</b>	2596	2349	2126
Raumwärme + WW (PJ/a)	2584	2580		2220	2100	1900
<b>EE-Energiebeiträge</b>						
EE-Endenergie (PJ/a)	1391	1502	2265	1810	2335	2634
Anteil an Bruttoendverbr. (%)	<b>14,7</b>	<b>15,8</b>	<b>30,0</b>	<b>21,1</b>	<b>29,0</b>	<b>35,8</b>
EE-Strom (TWh/a)	188	217	263**)	306	421	496
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	<b>31,6</b>	<b>36,1</b>	<b>50,0</b>	<b>50,4</b>	<b>65,1</b>	<b>75,8</b>
EE-Wärme (PJ/a)***	605	615		615	827	877
Anteil an Wärmeverbrauch (%)***)	<b>13,0</b>	<b>13,2</b>		<b>15,7</b>	<b>22,4</b>	<b>27,1</b>
EE-Kraftstoffe (PJ/a)	108	106		150	194	215
Anteil an Endenergie Verkehr(%)****	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>		<b>5,8</b>	<b>8,3</b>	<b>10,1</b>
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>						
KWK- Strom, TWh/a	109,8	111,0		111	124	124
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	18,4	18,5		18,3	19,1	18,9
*) Bruttoendenergieverbrauch = 1,03 x Endenergieverbrauch				Bilanzen; 28.3.2018		
**) ohne Berücksichtigung neuer Einsatzfelder für EE-Strom (Elektromobilität, neue Wärmenutzung, Power to Gas)						
***) ohne Stromeinsatz für Wärmezwecke ****) ohne Stromeinsatz für Wärmezwecke						



	2016	2017	Energie- konzept 2050	Szenarien 2050		
				TREND-18	KLIMA-18 PLAN	KLIMA-18 OPT
<b>THG-Emissionen</b>						
Gesamte THG-Emissionen (1990 = 1252 Mio. t CO <sub>2</sub> eq/a)	909	905	63 +++)	545	232	63
Reduktion bez. auf 1990; (%)	<b>-27,4</b>	<b>-27,7</b>	<b>-95,0</b>	<b>-56,5</b>	<b>-81,5</b>	<b>-95,0</b>
<b>Energieverbrauch</b>						
Primärenergieverbrauch (PJ/a)	13420	13525	<b>7190</b>	9948	8335	6664
Bruttoendenergieverbr. (PJ/a)*)	9471	9527	(4750)	7716	6520	4882
Bruttostromverbrauch (TWh/a)	595	600	<b>495**)</b>	656	893	951
Endenergie Verkehr (PJ/a)	2696	2730	<b>2055</b>	2233	1710	1346
Raumwärme + WW (PJ/a)	2584	2580		1960	1710	1043
<b>EE-Energiebeiträge</b>						
EE-Endenergie (PJ/a)	1391	1502	2730	2157	3692	4041
Anteil an Bruttoendverbr. (%)	<b>14,7</b>	<b>15,8</b>	<b>60,0</b>	<b>28,0</b>	<b>56,6</b>	<b>82,8</b>
EE-Strom (TWh/a)	188	217	400**)	437	828	918
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	31,6	36,1	<b>80,0</b>	<b>66,6</b>	<b>92,7</b>	<b>96,5</b>
EE-Wärme (PJ/a)***)	605	615		600	1273	1409
Anteil an Wärmeverbrauch (%)***)	<b>13,0</b>	<b>13,2</b>		<b>17,4</b>	<b>43,2</b>	<b>82,2</b>
EE-Kraftstoffe (PJ/a)	108	106		319	531	606
Anteil an Endenergie Verkehr(%)****)	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>		<b>15,2</b>	<b>34,4</b>	<b>52,2</b>
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>						
KWK- Strom, TWh/a	109,8	111,0		104	118	118
Anteil an Bruttoverbrauch (%)	18,4	18,5		15,9	13,2	12,4
*) Bruttoendenergieverbrauch = 1,03 x Endenergieverbrauch				Bilanzen; 28.3.2018		
**) ohne Berücksichtigung neuer Einsatzfelder für EE-Strom (Elektromobilität, neue Wärmenutzung, Power to Gas)						
***) ohne Stromeinsatz für Wärmezwecke; ****) ohne EE-Strom für Mobilität						
( ) aus Zielvorgaben abgeleitete Werte; +++)) ob. Zielwert, (unt. Zielwert = -80%)						

## B) Szenario TREND-18

Tabelle B1: Eckdaten, insbesondere Beiträge erneuerbarer Energien

	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12954	12119	11485	10661	9948	9423
Primärenergie EE, PJ/a; 1)	1413	1385	1519	1671	1921	2046	2161	2317	2555	2863
<b>Anteil EE an PEV, %</b>	<b>9,9</b>	<b>10,3</b>	<b>11,5</b>	<b>12,4</b>	<b>14,8</b>	<b>16,9</b>	<b>18,8</b>	<b>21,7</b>	<b>25,7</b>	<b>30,4</b>
Anteil EE an PEV ohne nicht-energetischen Verbrauch, %	10,7	11,2	12,5	13,4	16,0	18,3	20,5	23,9	28,4	33,7
Endenergie, PJ/a	9310	8918	8699	9151	8993	8662	8333	7870	7491	7219
Endenergie EE, PJ/a	995	1182	1229	1391	1594	1703	1810	1966	2157	2356
<b>Anteil EE an EEV, %</b>	<b>10,7</b>	<b>13,3</b>	<b>14,1</b>	<b>15,2</b>	<b>17,7</b>	<b>19,7</b>	<b>21,7</b>	<b>25,0</b>	<b>28,8</b>	<b>32,6</b>
<b>Anteil EE an BEEV, %; 2)</b>	<b>10,5</b>	<b>12,9</b>	<b>13,7</b>	<b>14,8</b>	<b>17,2</b>	<b>19,1</b>	<b>21,1</b>	<b>24,3</b>	<b>28,0</b>	<b>31,7</b>
Strom Endenergie, PJ/a	1899	1884	1846	1856	1876	1883	1901	1926	1958	1984
Strom Endenergie EE, PJ/a	376	513	580	678	862	952	1045	1159	1307	1423
<b>Anteil EE, %</b>	<b>19,8</b>	<b>27,2</b>	<b>31,4</b>	<b>36,5</b>	<b>45,9</b>	<b>50,6</b>	<b>55,0</b>	<b>60,2</b>	<b>66,7</b>	<b>71,7</b>
Wärme Endenergie, PJ/a; 3)	4897	4518	4279	4640	4431	4164	3913	3613	3443	3328
Wärme Endenergie EE, PJ/a	497	546	532	605	622	626	615	608	600	614
<b>Anteil EE, %</b>	<b>10,1</b>	<b>12,1</b>	<b>12,4</b>	<b>13,0</b>	<b>14,0</b>	<b>15,0</b>	<b>15,7</b>	<b>16,8</b>	<b>17,4</b>	<b>18,4</b>
Kraftstoffe Endenergie, PJ/a; 4)	2514	2516	2574	2655	2687	2615	2520	2331	2090	1908
Kraftstoffe Endenergie EE, PJ/a	122	124	117	108	110	125	150	198	250	319
<b>Anteil EE, %</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	<b>6,0</b>	<b>8,5</b>	<b>12,0</b>	<b>16,7</b>
Bruttostromverbrauch, TWh/a; 5)	615	605	591	595	601	604	607	626	656	702
EE-Stromerzeugung, TWh/a; 6)	104	142	161	188	242	276	306	360	437	522
<b>Anteil EE, %</b>	<b>17,0</b>	<b>23,5</b>	<b>27,3</b>	<b>31,6</b>	<b>40,2</b>	<b>45,7</b>	<b>50,4</b>	<b>57,6</b>	<b>66,6</b>	<b>74,3</b>
Anteil EE- Inland, %	17,0	23,5	27,3	31,6	40,2	45,7	50,1	55,5	60,9	64,3
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12954	12119	11485	10661	9948	9423
<b>Erneuerbare Energien</b>	<b>1413</b>	<b>1385</b>	<b>1519</b>	<b>1671</b>	<b>1921</b>	<b>2046</b>	<b>2161</b>	<b>2317</b>	<b>2555</b>	<b>2863</b>
Mineralöl	4684	4526	4480	4555	4563	4368	3944	3598	3154	2768
Kohlen; 7)	3416	3530	3435	3234	2716	2696	2311	1886	1364	919
Erdgas	3171	2920	2672	3042	3067	3008	3069	2860	2875	2873
<b>Fossile Energien gesamt</b>	<b>11271</b>	<b>10976</b>	<b>10587</b>	<b>10831</b>	<b>10345</b>	<b>10073</b>	<b>9324</b>	<b>8344</b>	<b>7393</b>	<b>6560</b>
- davon für energetische Zwecke	10237	10000	9597	9864	9380	9108	8369	7399	6458	5630
Kernenergie	1533	1085	1059	923	688	0	0	0	0	0
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>746</b>	<b>720</b>	<b>647</b>	<b>556</b>	<b>469</b>	<b>389</b>
<b>Verringerung seit 1990, %; 8)</b>	<b>20,7</b>	<b>22,2</b>	<b>24,4</b>	<b>23,9</b>	<b>28,9</b>	<b>31,4</b>	<b>38,3</b>	<b>47,1</b>	<b>55,3</b>	<b>63,0</b>
durch EE vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	119	129	138	159	194	200	202	231	271	315
<b>THG-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a,</b>	<b>943</b>	<b>925</b>	<b>902</b>	<b>909</b>	<b>853</b>	<b>821</b>	<b>742</b>	<b>641</b>	<b>545</b>	<b>453</b>
<b>Verringerung seit 1990, %</b>	<b>24,7</b>	<b>26,1</b>	<b>28,0</b>	<b>27,4</b>	<b>31,9</b>	<b>34,4</b>	<b>40,7</b>	<b>48,8</b>	<b>56,5</b>	<b>63,8</b>

1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode ; einschließlich nichtenergetischen Verbrauch

SZEN TREND-18; 5.3.2018

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. 2025)

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

8) 1990 = 1050 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (energiebedingte Emissionen + Industrieprozesse)

9) 1990 = 1252 Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a

**Tabelle B2: Einsatz von Erdgas, Kohlen und Mineralöl nach Verwendungsarten**

<b>Erdgaseinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	295	168	147	173	138	132	126	127	127	123	119
Kraft-Wärme-Kopplung	813	856	847	832	793	759	724	678	631	581	531
Raumheizung, WW	1240	1130	1090	1020	1070	1035	1000	1020	1040	1090	1140
Prozesswärme	700	760	760	760	860	845	830	865	900	910	920
Kraftstoffe	10	7	10	20	20	20	20	20	20	20	20
NE-Verwendung	62	68	97	97	96	95	95	94	94	93	93
Verluste	51	53	116	106	92	78	65	64	63	57	51
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3171</b>	<b>3042</b>	<b>3067</b>	<b>3008</b>	<b>3069</b>	<b>2964</b>	<b>2860</b>	<b>2867</b>	<b>2875</b>	<b>2874</b>	<b>2873</b>
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	14	41	64	111	173	235
Erdgas + Wasserstoff	3171	3042	3067	3008	3069	2978	2900	2931	2986	3047	3108
<b>Kohleeinsatz, PJ/a (Braun- und Steinkohle)</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	2439	2454	2116	2177	1901	1720	1538	1352	1166	976	787
KWK (einschl. Müll-HKW)	379	269	263	209	172	154	137	125	114	104	93
Prozess-, Raumwärme	460	395	320	250	180	155	130	90	50	25	0
Verluste	139	115	17	60	58	70	81	58	34	36	38
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3416</b>	<b>3234</b>	<b>2716</b>	<b>2696</b>	<b>2311</b>	<b>2099</b>	<b>1886</b>	<b>1625</b>	<b>1364</b>	<b>1141</b>	<b>919</b>
<b>Mineralöleinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kraftwerke	49	27	23	9	0	0	0	0	0	0	0
Raum-, Prozesswärme	1180	1034	960	891	621	582	542	479	416	363	309
Kraftstoffe	2381	2540	2567	2470	2350	2231	2113	1967	1820	1694	1568
NE-Verwendung	879	870	869	869	860	855	851	846	842	839	837
Verluste	194	84	144	129	114	103	92	84	76	65	54
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>4684</b>	<b>4555</b>	<b>4563</b>	<b>4368</b>	<b>3944</b>	<b>3771</b>	<b>3598</b>	<b>3376</b>	<b>3154</b>	<b>2961</b>	<b>2768</b>

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B3: Struktur des Primärenergieeinsatzes nach Energieträgern und Verbrauchssektoren**

SZEN TREND-18; 5.3.2018										
Primärenergie, (PJ/a)	2000	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Kernenergie	1851	1779	1533	923	688	0	0	0	0	0
Kohlen, Sonstige	3649	3594	3416	3234	2716	2696	2311	1886	1364	919
Mineralöl	5499	5166	4684	4555	4563	4368	3944	3598	3154	2768
Erdgas	2985	3250	3171	3042	3067	3008	3069	2860	2875	2873
Biomasse, biog. Abfall	294	575	1115	1100	1122	1089	1067	970	902	903
Wasser, Erdwärme	84	81	100	123	143	176	196	224	248	268
Windenergie	34	98	136	283	456	538	622	785	980	1162
Solarstrahlung	5	16	62	165	200	243	276	338	425	530
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12954</b>	<b>12119</b>	<b>11485</b>	<b>10661</b>	<b>9948</b>	<b>9423</b>
	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Private Haushalte	2584	2591	2678	2394	2321	2238	2130	2003	1925	1871
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	1478	1437	1480	1480	1426	1328	1250	1140	1088	1053
Industrie	2421	2514	2592	2581	2513	2422	2357	2297	2246	2200
Verkehr	2751	2585	2559	2696	2733	2674	2596	2430	2233	2095
NE-Verbrauch	1068	1114	1034	967	965	965	955	945	935	930
Umwandl. Strom	3319	3527	3232	2753	2316	1790	1530	1212	915	646
Umwandl. Übrige	780	790	642	554	680	702	667	635	606	629
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12954</b>	<b>12119</b>	<b>11485</b>	<b>10661</b>	<b>9948</b>	<b>9423</b>
davon Endenergie	9234	9127	9310	9151	8993	8662	8333	7870	7491	7219

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B4: Eckdaten der Stromversorgung: Erzeugung und Leistung; CO<sub>2</sub>-Emissionen**

<b>Stromerzeugung, TWh/a</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	141	100	97	85	64	0	0	0	0	0
Steinkohle, Müll, Pumpsp.	143	141	143	141	128	140	129	114	101	82
Braunkohle	146	161	156	150	130	130	108	80	50	25
Erdgas, Öl, übr. Gase	98	85	70	86	85	90	87	84	80	73
Windenergie	38	51	57	79	125	149	172	210	253	290
Fotovoltaik	12	26	36	38	47	57	65	75	85	94
Biomasse, Wasser, Erdwärme	55	65	68	71	71	69	67	61	57	56
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	0	1	5	11
Saldo EE-Stromimport	0	0	0	0	0	0	2	13	37	70
<b>Bruttostromerzeugung*)</b>	<b>632</b>	<b>628</b>	<b>627</b>	<b>649</b>	<b>649</b>	<b>636</b>	<b>630</b>	<b>638</b>	<b>668</b>	<b>702</b>
Bruttostromverbrauch*)	615	605	591	595	601	604	607	626	656	702
Endenergie Strom	528	523	513	516	521	523	528	535	544	551
<b>Installierte Leistung, GW</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	20,8	12,0	12,0	10,8	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle, sonst.	35,1	35,1	36,0	34,0	34,6	33,9	31,2	28,7	26,3	21,4
Braunkohle	21,7	23,2	22,0	21,4	19,5	19,3	16,6	13,3	10,0	6,3
Erdgas, Öl,	30,9	31,9	31,5	32,4	32,5	33,6	33,8	33,8	32,3	29,9
Windenergie	27,1	31,0	38,6	49,5	63,0	70,8	75,8	83,0	94,4	105,0
Fotovoltaik	17,9	33,0	38,3	41,3	49,0	59,1	67,1	76,4	85,6	95,0
Biomasse, Wasser, Geoth.	11,2	12,8	13,5	13,7	13,5	14,2	14,1	13,1	12,8	12,8
EE-Wasserstoff						0,0	0,0	0,5	1,9	4,6
Speicher	6,5	6,5	6,7	6,7	6,7	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
EE-Importsaldo**)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	2,4	6,3	11,8
<b>Gesamte Bruttoleistung</b>	<b>171</b>	<b>185</b>	<b>199</b>	<b>210</b>	<b>227</b>	<b>239</b>	<b>247</b>	<b>259</b>	<b>278</b>	<b>295</b>
Nicht jederzeit einsetzbar ***)	60	76	87	100	121	138	151	164	184	204
Gesicherte Leistung, brutto	111	109	111	109	106	101	96	95	93	91
Bruttohöchstlast	78	78	78	78	78	76	76	75	74	73
Als Reserve verbleibend	33	31	33	31	28	24	21	20	19	18
<b>CO2-Emissionen (Mio. t/a)</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>271</b>	<b>275</b>	<b>241</b>	<b>194</b>	<b>121</b>	<b>47</b>
A) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,816	0,843	0,855	0,813	0,788	0,763	0,746	0,700	0,522	0,263
B) CO2-Faktoren, kg/kWh el	0,500	0,519	0,503	0,471	0,417	0,432	0,383	0,304	0,180	0,068
*) einschl. Erzeugung in Pumpspeichern, anorganischer Müll u.a. feste Brennstoffe										
**)Technologiemix aus Windenergie, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft										
***) insbesondere Wind (90-95%), PV(~99%); unvorhergeseh. Ausfälle ; näherungsweise Abschätzung										
A) bezogen auf fossilen Strom; B) bezogen auf gesamte Stromerzeugung										

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B5: Eckdaten und Struktur der Wärmeversorgung**

Struktur der Wärmeversorgung, (PJ/a)											SZEN: TREND-18
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Solarkollektoren	16	20	24	26	28	32	38	40	48	52	57
Umweltw., Geotherm.	17	25	31	38	44	63	88	101	121	134	141
Biomasse	339	452	491	468	533	527	500	474	433	394	371
Wasserstoff (KWK, Ind.)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	45
Fern- +Nahwärme, fos.	440	454	454	418	438	416	385	368	337	286	238
Industr. KWK, fossil	264	286	272	262	287	272	242	209	175	150	127
Gase; direkt	1950	2020	1970	1920	1880	1840	1770	1920	1820	1940	2040
Kohlen; direkt	450	460	432	425	395	320	250	180	130	50	0
Heizöl; direkt	1271	1180	843	721	1034	960	891	621	542	416	309
Stromwärme*)	506	518	506	463	474	468	478	493	506	498	482
<b>Gesamte Wärme</b>	<b>5253</b>	<b>5415</b>	<b>5024</b>	<b>4742</b>	<b>5114</b>	<b>4899</b>	<b>4641</b>	<b>4405</b>	<b>4119</b>	<b>3941</b>	<b>3810</b>
2008 = 100	<b>100</b>	103,1	95,6	90,3	97,3	93,3	88,3	83,9	78,4	75,0	72,5
- davon aus EE-Quellen (einschl. Stromanteil)	447	583	649	663	744	798	836	857	898	930	976
Anteil EE (%)	8,5	10,8	12,9	14,0	14,5	16,3	18,0	19,5	21,8	23,6	25,6
<b>Gesamte Wärme ohne Stromwärme</b>	<b>4748</b>	<b>4897</b>	<b>4518</b>	<b>4279</b>	<b>4640</b>	<b>4431</b>	<b>4164</b>	<b>3913</b>	<b>3613</b>	<b>3443</b>	<b>3328</b>
- davon EE	372	497	546	532	605	622	626	615	608	600	614
Anteil EE (%)	7,8	10,1	12,1	12,4	13,0	14,0	15,0	15,7	16,8	17,4	18,4
KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geoth.)	699	757	751	728	789	759	710	659	603	537	486
Anteil an ges. Wärme, (%)	13,3	14,0	14,9	15,3	15,4	15,5	15,3	15,0	14,6	13,6	12,8

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

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B6: Stromverwendung im Wärmesektor**

Strom für Wärmeezwecke (TWh/a)											SZEN: TREND-18	
	2008	2010	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
"konvent." Raumheizung	26,6	25,4	18,0	16	14	13	13	12	12	11	11	10
Warmwasser	21,3	26,8	24,4	24	23	21	21	20	19	18	17	16
"konvent." Prozesswärme	90,6	88,9	84,2	80	76	72	69	66	63	60	57	54
Wärmepumpen	2,1	2,9	5,0	7	10	11	11	11	11	11	11	11
Wärmenetze	0	0	0	2	6	14	18	22	23	25	26	27
"neue" Prozesswärme (Ind)	0,0	0,0	0,0	1	4	5	8	10	12	13	15	16
<b>Ges. Stromwärme</b>	<b>140,5</b>	<b>143,9</b>	<b>131,6</b>	<b>130</b>	<b>133</b>	<b>137</b>	<b>139</b>	<b>141</b>	<b>140</b>	<b>138</b>	<b>136</b>	<b>134</b>
"konventionelle " Wärme	138,5	141,0	126,6	120	113	106	102	98	94	89	85	80
"neue" Wärme	2,1	2,9	5,0	10	20	30	37	43	46	49	52	54
Anteil an ges. Stromverbr. (%)	26,8	27,3	25,5	25,0	25,4	25,9	26	26,3	26	25,4	25	24,3
davon aus EE-Quellen (TWh/a)	20,6	24,0	38,6	49	58	67	74	80	86	92	96	101
davon aus EE-Quellen (PJ/a)	<b>74</b>	<b>86</b>	<b>139</b>	<b>176</b>	<b>210</b>	<b>242</b>	<b>266</b>	<b>290</b>	<b>310</b>	<b>330</b>	<b>346</b>	<b>362</b>
SZEN TREND-18; 5.3.2018												
<b>Ges. Stromwärme (PJ/a)</b>	<b>506</b>	<b>518</b>	<b>474</b>	<b>468</b>	<b>478</b>	<b>493</b>		<b>506</b>		<b>498</b>		<b>482</b>
"konventionelle " Wärme	498	508	456	432	407	383		353		321		288
"neue" Wärme	7	10	18	37	71	110		154		178		194

**Tabelle B7: Energieeinsatz im Verkehr nach Energieträgern und Verkehrsmitteln**

Energieeinsatz im Verkehr; PJ/a	SZEN: TREND-18										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Benzin	856	808	740	746	709	724	718	723	784	779	651
Diesel	1179	1216	1248	1321	1422	1420	1321	1202	930	660	545
Kerosin	341	358	396	383	409	423	431	425	398	381	372
Biokraftstoffe	128	122	124	117	108	110	125	150	170	180	180
Erdgas	20	10	9	7	7	10	20	20	20	20	20
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	0	0	28	70	139
Elektrizität	47	45	44	42	41	46	59	76	98	142	187
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2733</b>	<b>2674</b>	<b>2596</b>	<b>2430</b>	<b>2233</b>	<b>2095</b>
Personenverkehr	1840	1864	1864	1892	1937	1951	1890	1804	1666	1504	1394
Güterverkehr	731	695	696	724	759	783	784	792	764	729	701
<b>PKW</b>	<b>1475</b>	<b>1481</b>	<b>1449</b>	<b>1491</b>	<b>1520</b>	<b>1524</b>	<b>1441</b>	<b>1338</b>	<b>1216</b>	<b>1058</b>	<b>945</b>
<b>LKW</b>	<b>648</b>	<b>616</b>	<b>611</b>	<b>638</b>	<b>668</b>	<b>685</b>	<b>677</b>	<b>677</b>	<b>648</b>	<b>609</b>	<b>580</b>
<b>Busse</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>45</b>
<b>Bahn</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>61</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>58</b>
<b>Schiff</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>Flugzeug</b>	<b>341</b>	<b>358</b>	<b>396</b>	<b>383</b>	<b>409</b>	<b>423</b>	<b>454</b>	<b>472</b>	<b>458</b>	<b>454</b>	<b>454</b>

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B8: Energieverbrauch und CO2-Emissionen im Personen- und Güterverkehr**

Energieverbrauch und CO2-Emissionen im Verkehr	SZEN: TREND-18										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Personenverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	1706	1733	1737	1765	1817	1825	1740	1617	1432	1214	1006
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	109	107	103	103	96	98	113	137	166	198	268
- CO2 (Mio. t/a)	119	121	121	124	127	128	122	113	100	85	70
- Strom (PJ/a)	25	24	24	24	23	28	37	51	67	93	120
CO2 (Mio. t/a)	5	4	4	4	4	4	5	6	7	6	3
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1840</b>	<b>1864</b>	<b>1864</b>	<b>1892</b>	<b>1937</b>	<b>1951</b>	<b>1890</b>	<b>1804</b>	<b>1666</b>	<b>1504</b>	<b>1394</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>132</b>	<b>127</b>	<b>119</b>	<b>107</b>	<b>90</b>	<b>73</b>
<b>Güterverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	690	658	656	691	729	752	751	753	701	627	583
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	18	16	21	14	12	12	12	13	32	52	51
- CO2 (Mio. t/a)	48	46	46	48	51	53	52	53	49	44	41
- Strom (PJ/a)	23	21	19	18	18	19	22	25	31	50	67
CO2 (Mio. t/a)	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>731</b>	<b>695</b>	<b>696</b>	<b>724</b>	<b>759</b>	<b>783</b>	<b>784</b>	<b>792</b>	<b>764</b>	<b>729</b>	<b>701</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>42</b>
<b>Verkehr gesamt</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	2396	2391	2393	2457	2547	2577	2490	2370	2133	1840	1588
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	128	122	124	117	108	110	125	150	198	250	319
- CO2 (Mio. t/a)	167	167	167	172	178	180	174	166	149	129	111
- Strom (PJ/a)	47	45	44	42	41	46	59	76	98	142	187
- CO2 (Mio. t/a)	9	8	8	7	7	7	9	10	10	9	4
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2733</b>	<b>2674</b>	<b>2596</b>	<b>2430</b>	<b>2233</b>	<b>2095</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>187</b>	<b>183</b>	<b>175</b>	<b>159</b>	<b>137</b>	<b>115</b>
<b>EE-Endenergie (einschl. Stromanteil)</b>	<b>135</b>	<b>130</b>	<b>134</b>	<b>128</b>	<b>120</b>	<b>131</b>	<b>159</b>	<b>202</b>	<b>275</b>	<b>373</b>	<b>492</b>
<b>Anteil EE , % (einschl. Strom)</b>	<b>5,2</b>	<b>5,1</b>	<b>5,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,8</b>	<b>6,0</b>	<b>7,8</b>	<b>11,3</b>	<b>16,7</b>	<b>23,5</b>

\*\*) einschließlich Stromanteil

\*\*\*) einschließlich EE-Wasserstoff ab 2035

SZEN TREND-18; 5.3.2018

**Tabelle B9: Endenergie; CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten**

Energie, CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten											
SZEN: TREND-18											
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Industrie</b>											
- Wärme (PJ/a)*	1736	1742	1773	1722	1766	1695	1602	1533	1463	1406	1361
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	130	124	127	123	120	113	104	94	86	90	94
- Strom (PJ/a)**	851	850	814	823	815	818	820	824	834	840	839
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	149	141	141	141	134	118	120	105	84	52	20
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2587</b>	<b>2592</b>	<b>2587</b>	<b>2545</b>	<b>2581</b>	<b>2513</b>	<b>2422</b>	<b>2357</b>	<b>2297</b>	<b>2246</b>	<b>2200</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>279</b>	<b>266</b>	<b>268</b>	<b>264</b>	<b>254</b>	<b>231</b>	<b>224</b>	<b>199</b>	<b>170</b>	<b>141</b>	<b>114</b>
<b>GHD</b>											
- Wärme (PJ/a)*	955	987	842	836	943	882	788	710	604	562	538
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	72	70	60	60	64	59	51	44	36	36	37
- Strom (PJ/a)	488	494	533	514	537	544	540	540	536	526	515
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	85	82	92	88	89	78	79	69	54	32	12
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1443</b>	<b>1480</b>	<b>1375</b>	<b>1350</b>	<b>1480</b>	<b>1426</b>	<b>1328</b>	<b>1250</b>	<b>1140</b>	<b>1088</b>	<b>1053</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>157</b>	<b>152</b>	<b>153</b>	<b>148</b>	<b>153</b>	<b>137</b>	<b>130</b>	<b>112</b>	<b>90</b>	<b>68</b>	<b>50</b>
<b>Haushalte</b>											
- Wärme (PJ/a)*	2057	2168	1903	1721	1932	1853	1773	1670	1546	1475	1428
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	155	155	136	123	131	123	116	103	91	94	99
- Strom (PJ/a)	501	510	493	467	463	468	464	461	457	450	443
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	88	85	85	80	76	68	68	59	46	28	11
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2558</b>	<b>2678</b>	<b>2396</b>	<b>2188</b>	<b>2394</b>	<b>2321</b>	<b>2238</b>	<b>2130</b>	<b>2003</b>	<b>1925</b>	<b>1871</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>242</b>	<b>239</b>	<b>222</b>	<b>203</b>	<b>208</b>	<b>191</b>	<b>183</b>	<b>161</b>	<b>137</b>	<b>122</b>	<b>109</b>
<b>Verkehr</b>											
- Kraftstoffe (PJ/a)	2524	2514	2514	2574	2655	2687	2615	2520	2331	2090	1908
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	167	167	167	172	178	180	174	166	149	129	111
- Strom (PJ/a)	47	45	45	42	41	46	59	76	98	142	187
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	8	8	8	7	7	7	9	10	10	9	4
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2559</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2733</b>	<b>2674</b>	<b>2596</b>	<b>2430</b>	<b>2233</b>	<b>2095</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>187</b>	<b>183</b>	<b>175</b>	<b>159</b>	<b>137</b>	<b>115</b>
<b>Alle Sektoren (wie Tab. 5c)</b>											
- Wärme (PJ/a)*	4748	4897	4518	4279	4640	4431	4164	3913	3613	3443	3328
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>295</b>	<b>271</b>	<b>240</b>	<b>213</b>	<b>220</b>	<b>230</b>
- Strom (PJ/a)	1887	1899	1886	1846	1856	1876	1883	1901	1926	1958	1984
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>330</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>271</b>	<b>275</b>	<b>241</b>	<b>194</b>	<b>121</b>	<b>47</b>
- Kraftstoffe (PJ/a)	2524	2514	2514	2574	2655	2687	2615	2520	2331	2090	1908
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>172</b>	<b>178</b>	<b>180</b>	<b>174</b>	<b>166</b>	<b>149</b>	<b>129</b>	<b>111</b>
Endenergie (PJ/a)	9159	9310	8917	8699	9151	8993	8662	8333	7870	7491	7219
<b>Gesamtes CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>854</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>746</b>	<b>720</b>	<b>647</b>	<b>556</b>	<b>469</b>	<b>389</b>
*) nur Brennstoffe; einschl. Mineralöl in Spalte "stationäre Kraft"											
SZEN TREND-18; 5.3.2018											
<b>Aufteilung Wärme</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
- Raumwärme (PJ/a)		2848	2422	2224	2503	2385	2237	2083	1883	1791	1737
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>220</b>	<b>203</b>	<b>173</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>159</b>	<b>146</b>	<b>128</b>	<b>111</b>	<b>114</b>	<b>120</b>
- Prozesswärme+WW (PJ/a)		2049	2095	2054	2137	2046	1927	1830	1730	1652	1591
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>137</b>	<b>146</b>	<b>150</b>	<b>147</b>	<b>145</b>	<b>136</b>	<b>126</b>	<b>112</b>	<b>102</b>	<b>105</b>	<b>110</b>
- Wärme gesamt *)	4748	4897	4518	4279	4640	4431	4164	3913	3613	3443	3328
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>295</b>	<b>271</b>	<b>240</b>	<b>213</b>	<b>220</b>	<b>230</b>
SZEN TREND-18; 5.3.2018											
<b>Zuordnung CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mio. t CO<sub>2</sub>)</b>											
	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Strom Braunkohle	156	150	165	159	152	130	128	108	81	50	25
Strom Steinkohle	136	128	130	132	125	112	118	107	88	46	0
Strom Erdgas (Öl)	38	38	31	24	29	28	29	27	25	24	22
Raumwärme	220	203	173	160	170	159	146	128	111	114	120
Prozesswärme+WW	137	146	150	147	145	136	126	112	102	105	110
Kraftstoffe	167	167	167	172	178	180	174	166	149	129	111
<b>Insgesamt CO<sub>2</sub></b>	<b>854</b>	<b>832</b>	<b>816</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>746</b>	<b>720</b>	<b>647</b>	<b>556</b>	<b>469</b>	<b>389</b>
<b>andere THG</b>											
Methan, Lachgas, FKW u.a.	121	111	108	108	110	107	101	95	86	76	64
<b>Insgesamt THG</b>	<b>975</b>	<b>943</b>	<b>924</b>	<b>902</b>	<b>909</b>	<b>853</b>	<b>821</b>	<b>742</b>	<b>641</b>	<b>545</b>	<b>453</b>
SZEN TREND-18; 5.3.2018											



Tabelle 10 a, b: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (oben) und installierte Leistung (unten)

EE-Stromerzeugung, TWh/a	SZEN: TREND-18													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	20,4	20,9	22,1	19,6	19,7	20,6	22,1	22,9	23,4	24,0	24,1	24,3	24,3	24,3
Wind Land	40,6	37,6	49,9	55,9	87,2	98,9	108,6	115,1	126,9	128,0	138,1	155,2	165,4	171,1
Wind Offshore	0,0	0,2	0,7	1,5	18,3	25,8	40,6	56,4	74,4	82,2	89,4	97,8	107,3	118,8
Fotovoltaik	4,4	11,7	26,4	36,1	39,8	46,9	57,4	65,3	70,7	74,8	76,7	84,9	90,8	94,3
Biogas, Klär-, Dep.gas, flüss. B.	14,0	18,8	27,5	31,4	34,5	32,8	29,7	26,7	23,3	19,9	16,9	15,0	14,0	13,0
Feste Biomasse, biog. Abfall	13,7	15,1	15,6	16,5	17,0	17,0	17,0	17,1	16,4	15,7	15,3	15,0	14,8	14,7
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,3	1,8	2,5	3,1	3,9
<b>Gesamt in D</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>242,3</b>	<b>275,8</b>	<b>304,1</b>	<b>336,0</b>	<b>345,8</b>	<b>362,4</b>	<b>394,7</b>	<b>419,7</b>	<b>440,1</b>
Saldo Europ. Verbund *)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	6,1	13,3	23,8	37,4	53,8	70,1
<b>Gesamt</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>242,3</b>	<b>276,0</b>	<b>306,1</b>	<b>342,1</b>	<b>359,1</b>	<b>386,3</b>	<b>432,1</b>	<b>473,5</b>	<b>510,2</b>

\*) Technologiemix aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

ARES-TREND-18; 2.3.18

Installierte EE-Leistung; GWel	SZEN: TREND-18													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	5,2	5,4	5,6	5,6	5,6	5,7	6,0	6,2	6,4	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6
Wind Onshore	23,8	27,0	30,7	37,6	50,3	55,5	59,5	60,6	64,2	62,4	65,8	70,5	73,5	76,0
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,1	0,3	1,0	5,4	7,5	11,3	15,2	19,1	20,6	21,8	23,9	26,2	29,0
Fotovoltaik	6,2	17,9	33,0	38,3	43,3	49,0	59,1	67,1	72,7	76,4	77,8	85,6	91,5	95,0
feste Biomasse, biog. Abfall	2,8	3,4	3,0	3,5	3,6	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
gasf., flüssige Biomasse	2,2	3,7	5,1	5,7	5,9	5,5	5,0	4,5	3,9	3,3	2,8	2,5	2,3	2,2
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<b>Gesamt in D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>126,9</b>	<b>144,5</b>	<b>157,4</b>	<b>170,1</b>	<b>173,0</b>	<b>178,6</b>	<b>192,9</b>	<b>204,1</b>	<b>212,9</b>
Saldo Europ. EE-Stromverbund *	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,1	2,4	4,1	6,3	9,0	11,8
<b>Gesamt für D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>126,9</b>	<b>144,6</b>	<b>157,8</b>	<b>171,2</b>	<b>175,4</b>	<b>182,7</b>	<b>199,2</b>	<b>213,1</b>	<b>224,7</b>

\*) Technologiemix aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

Tabelle B11: Wärmebereitstellung mittels erneuerbarer Energien (ohne Stromwärme)

Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien (TWh/a).						SZEN: TREND-18							
TWh/a	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2060
<b>A) aus EEG-Anlagen (KWK)</b>	<b>18,2</b>	<b>25,7</b>	<b>29,8</b>	<b>33,2</b>	<b>37,8</b>	<b>37,6</b>	<b>35,1</b>	<b>32,7</b>	<b>29,3</b>	<b>25,9</b>	<b>23,3</b>	<b>20,9</b>	<b>18,7</b>
Biomasse fest	10,1	12,4	13,7	13,8	15,4	16,6	16,5	16,7	16,4	16,1	16,2	15,6	15,5
Biogas, Deponie-, Klärgas, Flüssige Biomasse	8,1	13,3	16,1	19,5	22,4	21,0	18,6	15,9	12,9	9,8	7,1	5,2	3,2
<b>B) weitere Biomassen</b>	<b>53,0</b>	<b>99,9</b>	<b>106,5</b>	<b>96,9</b>	<b>110,9</b>	<b>108,7</b>	<b>103,9</b>	<b>99,1</b>	<b>96,8</b>	<b>94,4</b>	<b>91,2</b>	<b>88,5</b>	<b>84,5</b>
Heizwerke, feste Biomasse	13,6	20,5	22,8	20,0	24,5	24,2	24,6	24,9	25,1	25,2	24,2	23,4	22,1
Einzelheizungen, fest	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	72,5	67,3	62,2	59,7	57,2	55,0	53,2	50,3
Biogener Abfall (KWK)	7,5	7,3	9,0	11,4	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
<b>Biowärme gesamt</b>	<b>55,0</b>	<b>125,6</b>	<b>136,3</b>	<b>130,1</b>	<b>148,7</b>	<b>146,4</b>	<b>139,0</b>	<b>131,7</b>	<b>126,1</b>	<b>120,3</b>	<b>114,6</b>	<b>109,4</b>	<b>103,2</b>
davon KWK-Wärme	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	49,6	47,1	44,7	41,3	37,9	35,3	32,9	30,7
feste Biomasse, gesamt	85,7	105,1	111,1	99,3	114,3	113,4	108,4	103,8	101,2	98,5	95,5	92,2	88,0
<b>Solarkollektoren</b>	<b>1,3</b>	<b>5,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,3</b>	<b>7,9</b>	<b>8,7</b>	<b>10,2</b>	<b>10,7</b>	<b>12,0</b>	<b>13,5</b>	<b>14,4</b>	<b>15,1</b>	<b>16,0</b>
Einzelanlagen	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	8,6	10,1	10,4	11,7	13,0	13,6	14,1	14,5
Nahwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
<b>Umweltwärme/Geothermie</b>	<b>1,8</b>	<b>6,9</b>	<b>8,7</b>	<b>10,6</b>	<b>13,6</b>	<b>17,2</b>	<b>24,4</b>	<b>28,1</b>	<b>31,2</b>	<b>33,7</b>	<b>35,6</b>	<b>37,2</b>	<b>39,0</b>
Hydrothermal, tiefe Geotherm.	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,6	2,8	3,6	4,7	5,9	7,0	8,0	9,4
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	15,6	21,6	24,5	26,4	27,8	28,5	29,2	29,6
<b>KWK aus EE-Wasserstoff</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,8</b>	<b>3,7</b>	<b>5,6</b>	<b>12,5</b>
<b>EE-Wärme gesamt</b>	<b>110,5</b>	<b>138,1</b>	<b>151,8</b>	<b>148,1</b>	<b>170,2</b>	<b>172,2</b>	<b>173,5</b>	<b>170,5</b>	<b>170,2</b>	<b>169,3</b>	<b>168,2</b>	<b>167,3</b>	<b>170,7</b>
	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
KWK (Biomasse)	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	49,6	47,1	44,7	41,3	37,9	35,3	32,9	30,7
KWK (EE-H2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,8	3,7	5,6	12,5
Andere Nahwärme*)	14,1	21,2	23,6	21,0	25,8	25,8	27,5	28,7	30,2	31,7	32,0	32,4	33,0
<b>Nahwärme (mit/ohne KWK)</b>	<b>39,8</b>	<b>54,2</b>	<b>62,4</b>	<b>65,7</b>	<b>75,6</b>	<b>75,5</b>	<b>74,6</b>	<b>73,4</b>	<b>72,4</b>	<b>71,3</b>	<b>71,1</b>	<b>70,9</b>	<b>76,3</b>
Biomasse-Einzelheiz.	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	72,5	67,3	62,2	59,7	57,2	55,0	53,2	50,3
Solarthermie-Einzel	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	8,6	10,1	10,4	11,7	13,0	13,6	14,1	14,5
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	15,6	21,6	24,5	26,4	27,8	28,5	29,2	29,6
<b>Einzelanlagen</b>	<b>70,7</b>	<b>84,0</b>	<b>89,5</b>	<b>82,4</b>	<b>94,6</b>	<b>96,8</b>	<b>99,0</b>	<b>97,1</b>	<b>97,8</b>	<b>98,0</b>	<b>97,2</b>	<b>96,4</b>	<b>94,5</b>

\*) Biomasse-Heizwerke, Solarthermie, Hydrothermale Wärme,

Tabelle B12: Jährliche Brutto-Installation der Anlagen zur EE-Stromerzeugung

		Jährliche Brutto-Leistungsinstallation; MW/a				SZEN: TREND-18			
		STROM (MWel/a)						Strom gesamt MWel/a	
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Import	E Biomasse (oh. biog. Mü)		
<b>2000</b>	0	<b>1662</b>	0	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>1814</b>	
2001	19	2641	0	120	0	0	127	2907	
2002	126	3238	0	150	0	0	201	3715	
2003	35	2617	0	180	0	0	400	3232	
2004	252	2019	0	512	0	0	258	3041	
<b>2005</b>	<b>44</b>	<b>1763</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>3453</b>	
2006	2	2193	0	1020	0	0	656	3871	
2007	0	1615	0	1271	2	0	384	3272	
2008	9	1632	10	1813	0	0	291	3755	
2009	196	1817	25	4446	3	0	765	7252	
<b>2010</b>	<b>86</b>	<b>1380</b>	<b>45</b>	<b>7338</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>746</b>	<b>9595</b>	
2011	237	1870	108	7485	0	0	777	10477	
2012	2	1973	80	7604	13	0	728	10400	
2013	2	2410	354	3304	16	0	382	6468	
2014	9	4943	372	2006	0	0	110	7440	
<b>2015</b>	<b>29</b>	<b>4016</b>	<b>2303</b>	<b>1456</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>107</b>	<b>7912</b>	
2016	28	4250	853	1477	3	0	117	6728	
2017	25	5333	1237	2000	5	0	0	8600	
2018	53	3000	780	2000	5	0	26	5864	
2019	65	2700	700	1900	5	0	0	5370	
<b>2020</b>	<b>80</b>	<b>2400</b>	<b>650</b>	<b>1800</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>5005</b>	
2025	75	2575	750	2100	8	0	118	5715	
<b>2030</b>	<b>70</b>	<b>2750</b>	<b>850</b>	<b>2400</b>	<b>10</b>	<b>75</b>	<b>269</b>	<b>6424</b>	
2035	63	3250	950	3100	14	150	339	7866	
<b>2040</b>	<b>56</b>	<b>3500</b>	<b>1050</b>	<b>3800</b>	<b>18</b>	<b>250</b>	<b>218</b>	<b>8892</b>	
2045	49	3650	1100	3800	22	350	68	9039	
<b>2050</b>	<b>41</b>	<b>3700</b>	<b>1200</b>	<b>3800</b>	<b>28</b>	<b>500</b>	<b>164</b>	<b>9433</b>	
2055	38	3850	1350	3800	35	700	137	9910	
<b>2060</b>	<b>35</b>	<b>4000</b>	<b>1450</b>	<b>3800</b>	<b>45</b>	<b>800</b>	<b>163</b>	<b>10293</b>	
<b>Mittelwert 2000 - 2017</b>	<b>65</b>	<b>2787</b>	<b>317</b>	<b>2542</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>401</b>	<b>6114</b>	
<b>Mittelwert 2018-2030</b>	<b>71</b>	<b>2671</b>	<b>779</b>	<b>2169</b>	<b>8</b>	<b>29</b>	<b>156</b>	<b>5918</b>	
<b>Mittelwert 2031-2060</b>	<b>59</b>	<b>4117</b>	<b>1325</b>	<b>4083</b>	<b>29</b>	<b>471</b>	<b>226</b>	<b>10309</b>	

Tabelle B13: Jährliche Netto-Installation der Anlagen zur EE-Stromerzeugung

		Jährlicher Leistungszuwachs (netto); MW/a				SZEN: TREND-18			
		S T R O M (MWel/a)						Strom gesamt MWel/a	
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Import	E Biomasse (oh. biog. Mü)		
	<b>2000</b>	0	<b>1662</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>1814</b>
	2001	0	2641	0	120	0	0	127	2888
	2002	107	3238	0	150	0	0	201	3696
	2003	16	2617	0	180	0	0	400	3212
	2004	233	2019	0	512	0	0	258	3021
	<b>2005</b>	<b>25</b>	<b>1763</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>3434</b>
	2006	-17	2193	0	1020	0	0	656	3852
	2007	-19	1615	0	1271	2	0	384	3253
	2008	-10	1632	10	1813	0	0	291	3736
	2009	177	1817	25	4446	3	0	765	7233
	<b>2010</b>	<b>67</b>	<b>1380</b>	<b>45</b>	<b>7338</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>746</b>	<b>9576</b>
	2011	218	1845	108	7485	0	0	777	10433
	2012	-17	1854	80	7604	13	0	728	10261
	2013	-17	2258	354	3304	16	0	382	6297
	2014	-10	4651	372	2006	0	0	110	7129
	<b>2015</b>	<b>10</b>	<b>3624</b>	<b>2303</b>	<b>1456</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>107</b>	<b>7501</b>
	2016	9	4139	853	1476	3	0	117	6597
	2017	6	4905	1237	1996	5	0	-23	8126
	2018	34	2460	780	1997	5	0	-120	5156
	2019	46	1912	700	1897	5	0	-97	4462
	<b>2020</b>	<b>61</b>	<b>842</b>	<b>650</b>	<b>1794</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>-92</b>	<b>3260</b>
	2025	55	801	750	2027	8	10	-118	3533
	<b>2030</b>	<b>50</b>	<b>210</b>	<b>796</b>	<b>1607</b>	<b>9</b>	<b>65</b>	<b>-88</b>	<b>2649</b>
	2035	38	612	697	1114	8	150	-122	2497
	<b>2040</b>	<b>29</b>	<b>-360</b>	<b>295</b>	<b>733</b>	<b>13</b>	<b>250</b>	<b>-128</b>	<b>833</b>
	2045	20	670	250	261	14	350	-119	1445
	<b>2050</b>	<b>10</b>	<b>950</b>	<b>410</b>	<b>1550</b>	<b>18</b>	<b>425</b>	<b>-70</b>	<b>3293</b>
	2055	5	600	460	1322	21	550	-30	2928
	<b>2060</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>565</b>	<b>700</b>	<b>27</b>	<b>550</b>	<b>-28</b>	<b>2315</b>
	<b>Mittelwert 2000 - 2017</b>	<b>45</b>	<b>2697</b>	<b>317</b>	<b>2541</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>400</b>	<b>6003</b>
	<b>Mittelwert 2018-2030</b>	<b>53</b>	<b>1017</b>	<b>741</b>	<b>1997</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>-114</b>	<b>3708</b>
	<b>Mittelwert 2031-2060</b>	<b>21</b>	<b>627</b>	<b>469</b>	<b>899</b>	<b>14</b>	<b>350</b>	<b>-91</b>	<b>2290</b>

## C) Szenario KLIMA-18 PLAN

Tabelle C1: Eckdaten, insbesondere Beitrag der Erneuerbaren Energien

	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12682	11444	10506	9236	8335	7823
Primärenergie EE, PJ/a; 1)	1413	1385	1519	1671	2018	2392	2832	3774	4531	4901
<b>Anteil EE an PEV, %</b>	<b>9,9</b>	<b>10,3</b>	<b>11,5</b>	<b>12,4</b>	<b>15,9</b>	<b>20,9</b>	<b>27,0</b>	<b>40,9</b>	<b>54,4</b>	<b>62,6</b>
Anteil EE an PEV ohne nicht-energetischen Verbrauch, %	10,7	11,2	12,5	13,4	17,2	22,8	29,7	45,6	61,3	71,1
Endenergie, PJ/a	9310	8918	8699	9151	8867	8333	7823	7012	6330	5831
Endenergie EE, PJ/a	995	1182	1229	1391	1665	1976	2335	3110	3692	3940
<b>Anteil EE an EEV, %</b>	<b>10,7</b>	<b>13,3</b>	<b>14,1</b>	<b>15,2</b>	<b>18,8</b>	<b>23,7</b>	<b>29,9</b>	<b>44,3</b>	<b>58,3</b>	<b>67,6</b>
<b>Anteil EE an BEEV, %; 2)</b>	<b>10,5</b>	<b>12,9</b>	<b>13,7</b>	<b>14,8</b>	<b>18,2</b>	<b>23,0</b>	<b>29,0</b>	<b>43,1</b>	<b>56,6</b>	<b>65,6</b>
Strom Endenergie, PJ/a	1899	1884	1846	1856	1876	1883	1910	1975	2030	2041
Strom Endenergie EE, PJ/a	376	513	580	678	902	1105	1314	1662	1904	1981
<b>Anteil EE, %</b>	<b>19,8</b>	<b>27,2</b>	<b>31,4</b>	<b>36,5</b>	<b>48,1</b>	<b>58,7</b>	<b>68,8</b>	<b>84,1</b>	<b>93,8</b>	<b>97,0</b>
Wärme Endenergie, PJ/a; 3)	4897	4518	4279	4640	4381	4031	3695	3235	2945	2620
Wärme Endenergie EE, PJ/a	497	546	532	605	653	732	827	1066	1273	1428
<b>Anteil EE, %</b>	<b>10,1</b>	<b>12,1</b>	<b>12,4</b>	<b>13,0</b>	<b>14,9</b>	<b>18,2</b>	<b>22,4</b>	<b>32,9</b>	<b>43,2</b>	<b>54,5</b>
Kraftstoffe Endenergie, PJ/a; 4)	2514	2516	2574	2655	2610	2419	2217	1803	1355	1170
Kraftstoffe Endenergie EE, PJ/a	122	124	117	108	110	139	194	383	514	531
<b>Anteil EE, %</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	<b>5,8</b>	<b>8,8</b>	<b>21,2</b>	<b>38,0</b>	<b>45,4</b>
Bruttostromverbrauch, TWh/a; 5)	615	605	591	595	601	613	645	766	890	962
EE-Stromerzeugung, TWh/a; 6)	104	142	161	188	253	330	421	638	828	929
<b>Anteil EE, %</b>	<b>17,0</b>	<b>23,5</b>	<b>27,3</b>	<b>31,6</b>	<b>42,1</b>	<b>53,9</b>	<b>65,2</b>	<b>83,3</b>	<b>93,1</b>	<b>96,6</b>
Anteil EE- Inland, %	17,0	23,5	27,3	31,6	42,1	53,5	63,6	77,7	84,7	85,4
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12682	11444	10506	9236	8335	7823
<b>Erneuerbare Energien</b>	<b>1413</b>	<b>1385</b>	<b>1519</b>	<b>1671</b>	<b>2018</b>	<b>2392</b>	<b>2832</b>	<b>3774</b>	<b>4531</b>	<b>4901</b>
Mineralöl	4684	4526	4478	4556	4458	4045	3577	2715	2122	1784
Kohlen; 7)	3416	3530	3435	3234	2373	2000	1260	512	113	38
Erdgas	3171	2920	2674	3042	3113	3006	2836	2235	1569	1100
<b>Fossile Energien gesamt</b>	<b>11271</b>	<b>10976</b>	<b>10587</b>	<b>10831</b>	<b>9944</b>	<b>9052</b>	<b>7674</b>	<b>5462</b>	<b>3804</b>	<b>2922</b>
- davon für energetische Zwecke	10237	10000	9597	9864	8979	8092	6719	4517	2874	2002
Kernenergie	1533	1085	1059	923	720	0	0	0	0	0
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>697</b>	<b>612</b>	<b>484</b>	<b>306</b>	<b>185</b>	<b>127</b>
<b>Verringerung seit 1990, %; 8)</b>	<b>20,7</b>	<b>22,2</b>	<b>24,4</b>	<b>23,9</b>	<b>33,7</b>	<b>41,7</b>	<b>53,9</b>	<b>70,8</b>	<b>82,4</b>	<b>87,9</b>
durch EE vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	119	129	138	159	203	244	300	392	447	475
<b>THG-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a,</b>	<b>943</b>	<b>925</b>	<b>902</b>	<b>909</b>	<b>801</b>	<b>710</b>	<b>563</b>	<b>369</b>	<b>232</b>	<b>158</b>
<b>Verringerung seit 1990, %</b>	<b>24,7</b>	<b>26,1</b>	<b>28,0</b>	<b>27,4</b>	<b>36,1</b>	<b>43,3</b>	<b>55,0</b>	<b>70,5</b>	<b>81,5</b>	<b>87,4</b>
1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode ; einschließlich nichtenergetischen Verbrauch <span style="float: right;">SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018</span>										
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) <u>einschl.</u> EE-Strom aus EE-Wasserstoff (ab ca. 2025)										
7) einschl. sonstige fossile Brennstoffe (u.a. Kohlegase), fossil/nuklearem Stromimportsaldo und anorganische Abfälle										
8) 1990 = 1050 Mio. t CO <sub>2</sub> /a (energiebedingte Emissionen + Industrieprozesse) <span style="float: right;">9) 1990 = 1252 Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a</span>										

**Tabelle C2: Einsatz von Erdgas, Kohlen und Mineralöl nach Verwendungsarten**

<b>Erdgaseinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	295	168	154	155	159	161	163	152	141	131	121
Kraft-Wärme-Kopplung	813	856	867	843	715	589	463	330	196	98	1
Raumheizung, WW	1240	1130	1100	1020	910	830	750	698	645	591	536
Prozesswärme	700	760	760	760	830	745	660	535	410	346	282
Kraftstoffe	10	7	12	20	30	35	40	40	40	40	40
NE-Verwendung	62	68	97	96	96	95	95	94	93	93	92
Verluste	51	53	123	112	98	81	64	54	44	36	28
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3171</b>	<b>3042</b>	<b>3113</b>	<b>3006</b>	<b>2836</b>	<b>2536</b>	<b>2235</b>	<b>1902</b>	<b>1569</b>	<b>1334</b>	<b>1100</b>
EE-Wasserstoff	0	0	0	25	91	191	392	497	707	803	899
<b>Erdgas + Wasserstoff</b>	<b>3171</b>	<b>3042</b>	<b>3113</b>	<b>3032</b>	<b>2928</b>	<b>2727</b>	<b>2626</b>	<b>2399</b>	<b>2276</b>	<b>2137</b>	<b>1998</b>
<b>Kohleeinsatz, PJ/a (Braun- und Steinkohle)</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	2439	2454	1835	1626	1073	745	416	243	70	35	0
KWK (einschl. Müll-HKW)	379	269	243	169	112	87	63	51	39	38	37
Prozess-, Raumwärme	460	395	250	120	0	0	0	0	0	0	0
Verluste	139	115	45	86	75	54	32	18	3	2	1
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3416</b>	<b>3234</b>	<b>2373</b>	<b>2000</b>	<b>1260</b>	<b>886</b>	<b>512</b>	<b>312</b>	<b>113</b>	<b>75</b>	<b>38</b>
<b>Mineralöleinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kraftwerke	49	27	23	9	0	0	0	0	0	0	0
Raum-, Prozesswärme	1180	1034	931	791	621	515	410	421	432	377	321
Kraftstoffe	2381	2540	2488	2260	1993	1687	1380	1090	801	700	599
NE-Verwendung	879	870	869	864	860	855	851	844	837	833	828
Verluste	194	84	147	121	104	89	74	63	53	44	36
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>4684</b>	<b>4556</b>	<b>4458</b>	<b>4045</b>	<b>3577</b>	<b>3146</b>	<b>2715</b>	<b>2419</b>	<b>2122</b>	<b>1953</b>	<b>1784</b>

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C3: Struktur des Primärenergieeinsatzes nach Energieträgern und Verbrauchssektoren**

<b>Primärenergie, (PJ/a)</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	1851	1779	1533	923	720	0	0	0	0	0
Kohlen, Sonstige	3649	3594	3416	3234	2373	2000	1260	512	113	38
Mineralöl	5499	5166	4684	4556	4458	4045	3577	2715	2122	1784
Erdgas	2985	3250	3171	3042	3113	3006	2836	2235	1569	1100
Biomasse, biog. Abfall	294	575	1114	1100	1178	1225	1282	1329	1353	1353
Wasser, Erdwärme	84	81	101	123	153	224	293	429	526	572
Windenergie	34	98	136	283	475	635	813	1290	1700	1862
Solarstrahlung	5	16	62	165	212	308	444	726	953	1114
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12682</b>	<b>11444</b>	<b>10506</b>	<b>9236</b>	<b>8335</b>	<b>7823</b>
	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Private Haushalte	2584	2591	2678	2394	2286	2162	2033	1828	1682	1565
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	1478	1437	1480	1480	1407	1273	1160	1010	920	830
Industrie	2421	2514	2592	2581	2507	2392	2280	2128	2018	1893
Verkehr	2751	2585	2559	2696	2667	2506	2349	2046	1710	1543
NE-Verbrauch	1068	1114	1034	967	965	960	955	945	930	920
Umwandl. Strom	3319	3527	3232	2753	2189	1481	1049	589	312	219
Umwandl. Übrige	780	790	642	554	661	670	679	690	763	853
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12682</b>	<b>11444</b>	<b>10506</b>	<b>9236</b>	<b>8335</b>	<b>7823</b>
davon Endenergie	9234	9127	9310	9151	8867	8333	7823	7012	6330	5831

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C4: Eckdaten der Stromversorgung; Erzeugung und Leistung, CO<sub>2</sub>-Emissionen**

<b>Stromerzeugung, TWh/a</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	141	100	97	85	67	0	0	0	0	0
Steinkohle, Müll, Pumpsp.	143	141	143	141	122	118	92	49	24	16
Braunkohle	146	161	156	150	104	87	49	15	0	0
Erdgas, Öl, übr. Gase	98	85	70	86	88	90	83	64	38	17
Windenergie	38	51	57	79	129	174	222	341	442	476
Fotovoltaik	12	26	36	38	49	72	98	140	171	183
Biomasse, Wasser, Erdwärme	55	65	68	71	75	82	88	100	107	109
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	2	14	34	53
Saldo EE-Stromimport	0	0	0	0	0	3	11	43	74	107
<b>Bruttostromerzeugung*)</b>	<b>632</b>	<b>628</b>	<b>627</b>	<b>649</b>	<b>634</b>	<b>625</b>	<b>645</b>	<b>766</b>	<b>890</b>	<b>962</b>
Bruttostromverbrauch*)	615	605	591	595	601	613	645	766	890	962
Endenergie Strom	528	523	513	516	521	523	531	549	564	567
<b>Installierte Leistung, GW</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	20,8	12,0	12,0	10,8	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle, sonst.	35,1	35,1	36,0	34,0	33,5	32,0	26,0	14,7	7,0	3,3
Braunkohle	21,7	23,2	22,0	21,4	15,4	12,6	7,5	3,8	0,0	0,0
Erdgas, Öl,	30,9	31,9	31,5	32,4	33,4	33,4	32,6	26,8	16,6	7,5
Windenergie	27,1	31,0	38,6	49,5	65,6	81,2	97,2	130,6	154,8	164,3
Fotovoltaik	17,9	33,0	38,3	41,3	52,2	74,3	100,3	142,6	172,3	184,5
Biomasse, Wasser, Geoth.	11,2	12,8	13,5	13,7	14,4	18,1	19,9	23,7	25,4	26,3
EE-Wasserstoff						0,0	0,8	5,7	14,6	23,5
Speicher	6,5	6,5	6,7	6,7	6,7	8,0	10,0	11,0	12,0	12,0
EE-Importsaldo**)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	7,4	12,2	17,8
<b>Gesamte Bruttoleistung</b>	<b>171</b>	<b>185</b>	<b>199</b>	<b>210</b>	<b>230</b>	<b>260</b>	<b>296</b>	<b>366</b>	<b>415</b>	<b>439</b>
Nicht jederzeit einsetzbar ***)	60	76	87	100	126	163	204	274	326	349
Gesicherte Leistung, brutto	111	109	111	109	103	97	92	92	88	91
Bruttohöchstlast	78	78	78	78	76	74	72	71	72	72
Als Reserve verbleibend	33	31	33	31	27	23	20	22	16	18
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mio. t/a)</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>241</b>	<b>216</b>	<b>155</b>	<b>74</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
A) CO <sub>2</sub> -Faktoren, kg/kWh el	0,816	0,843	0,855	0,813	0,766	0,733	0,693	0,581	0,329	0,371
B) CO <sub>2</sub> -Faktoren, kg/kWh el	0,500	0,519	0,503	0,471	0,379	0,345	0,241	0,097	0,023	0,013
*) einschl. Erzeugung in Pumpspeichern, anorganischer Müll u.a. feste Brennstoffe										
**) Technologiemix aus Windenergie, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft										
***) insbesondere Wind (90-95%), PV(~99%); unvorhergeseh. Ausfälle ; näherungsweise Abschätzung										
A) bezogen auf fossilen Strom; B) bezogen auf gesamte Stromerzeugung										

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C5. Eckdaten der Wärmeversorgung**

Struktur der Wärmeversorgung, (PJ/a)											SZEN: KLIMA-18 PLAN
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Solarkollektoren	16	20	24	26	28	32	48	68	131	179	216
Umweltw., Geotherm.	17	25	31	38	44	69	116	159	249	305	339
Biomasse	339	452	491	468	533	552	557	562	567	567	567
Wasserstoff (KWK, Ind.)	0	0	0	0	0	0	11	38	119	222	306
Fern- +Nahwärme, fos.	440	454	454	418	438	429	402	383	306	161	64
Industr. KWK, fossil	264	286	272	262	287	268	216	135	53	34	15
Gase; direkt	1950	2020	1970	1920	1880	1850	1770	1730	1400	1045	791
Kohlen; direkt	450	460	432	425	395	250	120	0	0	0	0
Heizöl; direkt	1271	1180	843	721	1034	931	791	621	410	432	322
Stromwärme*)	506	518	506	463	474	472	493	521	507	498	505
<b>Gesamte Wärme</b>	<b>5253</b>	<b>5415</b>	<b>5024</b>	<b>4742</b>	<b>5114</b>	<b>4854</b>	<b>4524</b>	<b>4217</b>	<b>3742</b>	<b>3443</b>	<b>3126</b>
2008 = 100	<b>100</b>	103,1	95,6	90,3	97,3	92,4	86,1	80,3	71,2	65,5	59,5
- davon aus EE-Quellen (einschl. Stromanteil)	447	583	649	663	744	844	996	1173	1494	1743	1923
Anteil EE (%)	8,5	10,8	12,9	14,0	14,5	17,4	22,0	27,8	39,9	50,6	61,5
<b>Gesamte Wärme ohne Stromwärme</b>	<b>4748</b>	<b>4897</b>	<b>4518</b>	<b>4279</b>	<b>4640</b>	<b>4381</b>	<b>4031</b>	<b>3695</b>	<b>3235</b>	<b>2945</b>	<b>2620</b>
- davon EE	372	497	546	532	605	653	732	827	1066	1273	1428
Anteil EE (%)	7,8	10,1	12,1	12,4	13,0	14,9	18,2	22,4	32,9	43,2	54,5
KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geoth.)	699	757	751	728	789	783	753	718	677	609	562
Anteil an ges. Wärme, (%)	13,3	14,0	14,9	15,3	15,4	16,1	16,6	17,0	18,1	17,7	18,0

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

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C6: Stromverwendung im Wärmesektor**

Strom für Wärmezwecke (TWh/a)												SZEN: KLIMA-18 PLAN
	2008	2010	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
"konvent." Raumheizung	26,6	25,4	18,0	16	16	12	10	7	4	0	0	0
Warmwasser	21,3	26,8	24,4	24	22	21	20	19	19	18	17	16
"konvent." Prozesswärme	90,6	88,9	84,2	82	78	72	69	66	61	56	54	52
Wärmepumpen	2,1	2,9	5,0	7	12	15	18	20	22	24	25	27
Wärmenetze	0	0	0	2	6	14	15	17	20	22	23	24
"neue" Prozesswärme (Ind)	0,0	0,0	0,0	1	4	11	11	12	15	18	20	21
<b>Ges. Stromwärme</b>	<b>140,5</b>	<b>143,9</b>	<b>131,7</b>	<b>131</b>	<b>137</b>	<b>145</b>	<b>143</b>	<b>141</b>	<b>140</b>	<b>138</b>	<b>139</b>	<b>140</b>
"konventionelle " Wärme	138,5	141,0	126,7	122	116	105	99	92	83	74	71	68
"neue" Wärme	2,1	2,9	5,0	10	21	40	44	49	56	64	68	72
Anteil an ges. Stromverbr. (%)	26,8	27,3	25,5	25,2	26,2	27,3	26	25,7	25	24,5	25	24,8
davon aus EE-Quellen (TWh/a)	20,6	24,0	38,6	53	73	96	107	119	125	130	134	137
davon aus EE-Quellen (PJ/a)	<b>74</b>	<b>86</b>	<b>139</b>	<b>191</b>	<b>264</b>	<b>345</b>	<b>387</b>	<b>429</b>	<b>449</b>	<b>469</b>	<b>482</b>	<b>494</b>
SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018												
<b>Ges. Stromwärme (PJ/a)</b>	<b>506</b>	<b>518</b>	<b>474</b>	<b>472</b>	<b>493</b>	<b>521</b>	<b>514</b>	<b>507</b>	<b>503</b>	<b>498</b>	<b>502</b>	<b>505</b>
"konventionelle " Wärme	498	508	456	438	418	377	355	333	300	267	256	245
"neue" Wärme	7	10	18	35	74	144	159	175	203	231	246	260



**Tabelle C7: Energieeinsatz im Verkehr nach Energieträgern und Verkehrsmitteln**

Energieeinsatz im Verkehr; PJ/a	SZEN: KLIMA-18 PLAN										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Benzin	856	808	740	746	710	670	579	477	250	41	0
Diesel	1179	1216	1248	1321	1422	1400	1269	1106	773	459	346
Kerosin	341	358	396	383	409	418	412	410	357	300	253
Biokraftstoffe	128	122	124	117	108	110	125	150	170	180	180
Erdgas	20	10	9	7	7	12	20	30	40	40	40
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	14	44	213	334	351
Elektrizität	47	45	44	42	41	57	87	132	243	355	373
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2667</b>	<b>2506</b>	<b>2349</b>	<b>2046</b>	<b>1710</b>	<b>1543</b>
Personenverkehr	1840	1864	1864	1892	1937	1893	1735	1585	1328	1049	930
Güterverkehr	731	695	696	724	759	774	771	764	718	661	613
PKW	1475	1481	1449	1491	1521	1472	1304	1135	892	616	505
LKW	648	616	611	638	668	677	667	654	606	545	498
Busse	35	34	34	34	35	33	33	33	35	37	37
Bahn	60	58	59	58	54	56	58	60	54	52	54
Schiff	12	12	11	11	11	10	11	13	13	13	12
Flugzeug	341	358	396	383	409	418	434	455	446	448	436

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C8: Energieverbrauch und CO2-Emissionen im Personen- und Güterverkehr**

Energieverbrauch und CO2-Emissionen im Verkehr	SZEN: KLIMA-18 PLAN										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Personenverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	1706	1733	1737	1765	1818	1752	1542	1328	854	409	248
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	109	107	103	103	96	104	130	160	314	402	435
- CO2 (Mio. t/a)	119	121	121	124	127	122	108	93	59	28	17
- Strom (PJ/a)	25	24	24	24	23	38	63	97	160	238	247
CO2 (Mio. t/a)	5	4	4	4	4	5	7	8	6	2	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1840</b>	<b>1864</b>	<b>1864</b>	<b>1892</b>	<b>1937</b>	<b>1893</b>	<b>1735</b>	<b>1585</b>	<b>1328</b>	<b>1049</b>	<b>930</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>127</b>	<b>115</b>	<b>101</b>	<b>65</b>	<b>31</b>	<b>19</b>
<b>Güterverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	690	658	656	691	729	749	738	696	566	431	391
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	18	16	21	14	12	6	10	34	68	113	96
- CO2 (Mio. t/a)	48	46	46	48	51	52	52	49	39	30	27
- Strom (PJ/a)	23	21	19	18	18	19	24	35	83	117	126
CO2 (Mio. t/a)	4	3	3	3	3	2	3	3	3	1	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>731</b>	<b>695</b>	<b>696</b>	<b>724</b>	<b>759</b>	<b>774</b>	<b>771</b>	<b>764</b>	<b>718</b>	<b>661</b>	<b>613</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>28</b>
<b>Verkehr gesamt</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	2396	2391	2393	2457	2547	2500	2280	2023	1420	841	639
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***)	128	122	124	117	108	110	139	194	383	514	531
- CO2 (Mio. t/a)	167	167	167	172	178	175	159	141	99	58	44
- Strom (PJ/a)	47	45	44	42	41	57	87	132	243	355	373
- CO2 (Mio. t/a)	9	8	8	7	7	7	10	11	9	4	2
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2667</b>	<b>2506</b>	<b>2349</b>	<b>2046</b>	<b>1710</b>	<b>1543</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)**)</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>182</b>	<b>169</b>	<b>152</b>	<b>108</b>	<b>62</b>	<b>46</b>
<b>EE-Endenergie (einschl. Stromanteil)</b>	<b>135</b>	<b>130</b>	<b>134</b>	<b>128</b>	<b>120</b>	<b>142</b>	<b>206</b>	<b>311</b>	<b>618</b>	<b>867</b>	<b>902</b>
<b>Anteil EE , % (einschl. Strom)</b>	<b>5,2</b>	<b>5,1</b>	<b>5,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>5,3</b>	<b>8,2</b>	<b>13,2</b>	<b>30,2</b>	<b>50,7</b>	<b>58,5</b>

\*\* ) einschließlich Stromanteil

\*\*\* ) einschließlich EE-Wasserstoff ab 2025

SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018

**Tabelle C 9: Endenergie, CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten**

Energie, CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten											
SZEN: KLIMA-18 PLAN											
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Industrie</b>											
- Wärme (PJ/a)*	1736	1742	1773	1722	1766	1689	1582	1471	1336	1247	1121
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	130	124	127	123	120	108	93	75	55	45	30
- Strom (PJ/a)**	851	850	814	823	815	818	810	809	792	771	772
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	149	141	141	141	134	105	93	66	30	8	5
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2587</b>	<b>2592</b>	<b>2587</b>	<b>2545</b>	<b>2581</b>	<b>2507</b>	<b>2392</b>	<b>2280</b>	<b>2128</b>	<b>2018</b>	<b>1893</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>279</b>	<b>266</b>	<b>268</b>	<b>264</b>	<b>254</b>	<b>213</b>	<b>186</b>	<b>141</b>	<b>85</b>	<b>53</b>	<b>35</b>
<b>GHD</b>											
- Wärme (PJ/a)*	955	987	842	836	943	867	740	638	506	430	344
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	72	70	60	60	64	56	44	32	21	16	9
- Strom (PJ/a)	488	494	533	514	537	540	533	522	504	490	486
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	85	82	92	88	89	69	61	42	19	5	3
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1443</b>	<b>1480</b>	<b>1375</b>	<b>1350</b>	<b>1480</b>	<b>1407</b>	<b>1273</b>	<b>1160</b>	<b>1010</b>	<b>920</b>	<b>830</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>157</b>	<b>152</b>	<b>153</b>	<b>148</b>	<b>153</b>	<b>125</b>	<b>105</b>	<b>75</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
<b>Haushalte</b>											
- Wärme (PJ/a)*	2057	2168	1903	1721	1932	1825	1708	1587	1392	1268	1155
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	155	155	136	123	131	117	101	81	57	46	31
- Strom (PJ/a)	501	510	493	467	463	461	454	446	436	414	410
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	88	85	85	80	76	59	52	36	16	4	2
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2558</b>	<b>2678</b>	<b>2396</b>	<b>2188</b>	<b>2394</b>	<b>2286</b>	<b>2162</b>	<b>2033</b>	<b>1828</b>	<b>1682</b>	<b>1565</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>242</b>	<b>239</b>	<b>222</b>	<b>203</b>	<b>208</b>	<b>176</b>	<b>153</b>	<b>117</b>	<b>74</b>	<b>50</b>	<b>34</b>
<b>Verkehr</b>											
- Kraftstoffe (PJ/a)	2524	2514	2514	2574	2655	2610	2419	2217	1803	1355	1170
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	167	167	167	172	178	175	159	141	99	58	44
- Strom (PJ/a)	47	45	45	42	41	57	87	132	243	355	373
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	8	8	8	7	7	7	10	11	9	4	2
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2559</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2667</b>	<b>2506</b>	<b>2349</b>	<b>2046</b>	<b>1710</b>	<b>1543</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>182</b>	<b>169</b>	<b>152</b>	<b>108</b>	<b>62</b>	<b>46</b>
<b>Alle Sektoren (wie Tab. 5c)</b>											
- Wärme (PJ/a)*	4748	4897	4518	4279	4640	4381	4031	3695	3235	2945	2620
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>281</b>	<b>237</b>	<b>188</b>	<b>133</b>	<b>106</b>	<b>71</b>
- Strom (PJ/a)	1887	1899	1886	1846	1856	1876	1883	1910	1975	2030	2041
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>330</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>241</b>	<b>216</b>	<b>155</b>	<b>74</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
- Kraftstoffe (PJ/a)	2524	2514	2514	2574	2655	2610	2419	2217	1803	1355	1170
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>172</b>	<b>178</b>	<b>175</b>	<b>159</b>	<b>141</b>	<b>99</b>	<b>58</b>	<b>44</b>
Endenergie (PJ/a)	9159	9310	8917	8699	9151	8867	8333	7823	7012	6330	5831
<b>Gesamtes CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>854</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>697</b>	<b>612</b>	<b>484</b>	<b>306</b>	<b>185</b>	<b>127</b>
*) nur Brennstoffe; einschl. Mineralöl in Spalte "stationäre Kraft"											
SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.2018											
<b>Aufteilung Wärme</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
- Raumwärme (PJ/a)		2848	2422	2224	2502	2342	2141	1952	1702	1544	1386
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>220</b>	<b>203</b>	<b>173</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>150</b>	<b>126</b>	<b>99</b>	<b>70</b>	<b>56</b>	<b>38</b>
- Prozeßwärme+WW (PJ/a)		2049	2095	2054	2138	2039	1890	1743	1533	1401	1233
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>137</b>	<b>146</b>	<b>150</b>	<b>147</b>	<b>145</b>	<b>131</b>	<b>111</b>	<b>89</b>	<b>63</b>	<b>50</b>	<b>33</b>
- Wärme gesamt *)	4748	4897	4518	4279	4640	4381	4031	3695	3235	2945	2620
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>281</b>	<b>237</b>	<b>188</b>	<b>133</b>	<b>106</b>	<b>71</b>
SZEN KLIMA-18 PLAN; 5.3.20											

Tabelle C 10 a,b: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (oben) und installierte Leistung (unten)

EE-Stromerzeugung, TWh/a	SZEN: KLIMA-18 PLAN													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	20,4	20,9	22,1	19,6	19,7	20,6	22,1	22,9	23,4	24,0	24,1	24,3	24,3	24,3
Wind Land	40,6	37,6	49,9	55,9	87,2	102,2	125,2	145,3	173,6	190,4	216,5	236,9	241,4	242,7
Wind Offshore	0,0	0,2	0,7	1,5	18,3	27,1	48,7	76,8	114,4	150,9	181,7	204,9	221,1	233,2
Fotovoltaik	4,4	11,7	26,4	36,1	39,8	48,7	72,2	97,5	119,6	139,6	157,2	171,0	176,7	183,1
Biogas, Klär-, Dep.gas, flüss. B.	14,0	18,8	27,5	31,4	34,5	36,0	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
Feste Biomasse, biog. Abfall	13,7	15,1	15,6	16,5	17,0	18,5	21,9	25,6	29,4	31,7	33,4	34,0	34,0	34,1
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	1,4	3,1	5,2	7,9	10,5	12,5	14,1	14,4
<b>Gesamt in D</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>253,5</b>	<b>328,0</b>	<b>407,9</b>	<b>502,3</b>	<b>581,1</b>	<b>660,0</b>	<b>720,2</b>	<b>748,3</b>	<b>768,5</b>
Saldo Europ. Verbund *)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	10,8	24,3	42,8	60,3	74,1	88,4	107,4
<b>Gesamt</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>253,5</b>	<b>330,5</b>	<b>418,6</b>	<b>526,6</b>	<b>623,9</b>	<b>720,3</b>	<b>794,4</b>	<b>836,7</b>	<b>875,8</b>

\*) Technologiemiex aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

ARES-KLIMA18 PLAN; 25.1.2018

Installierte EE-Leistung; GWel	SZEN: KLIMA-18 PLAN													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	5,2	5,4	5,6	5,6	5,6	5,7	6,0	6,2	6,4	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6
Wind Onshore	23,8	27,0	30,7	37,6	50,3	57,7	67,7	76,5	87,9	92,9	100,2	104,8	106,8	107,4
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,1	0,3	1,0	5,4	8,0	13,5	20,7	29,3	37,7	44,3	50,0	53,9	56,9
Fotovoltaik	6,2	17,9	33,0	38,3	43,3	52,2	74,3	100,3	122,9	142,6	159,4	172,3	178,0	184,5
feste Biomasse, biog. Abfall	2,8	3,4	3,0	3,5	3,6	3,9	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2	6,4	6,5	6,5
gasf., flüssige Biomasse	2,2	3,7	5,1	5,7	5,9	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,0	1,5	1,9	2,2	2,3	2,4
<b>Gesamt in D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>133,7</b>	<b>172,3</b>	<b>215,6</b>	<b>259,3</b>	<b>293,4</b>	<b>324,9</b>	<b>348,5</b>	<b>360,5</b>	<b>370,6</b>
Saldo Europ. EE-Stromverbund *	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	4,3	7,4	10,2	12,2	14,6	17,8
<b>Gesamt für D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>133,7</b>	<b>173,3</b>	<b>217,6</b>	<b>263,6</b>	<b>300,8</b>	<b>335,1</b>	<b>360,7</b>	<b>375,1</b>	<b>388,3</b>

\*) Technologiemiex aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

**Tabelle C11: Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (ohne Stromwärme)**

Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien (TWh/a).						SZEN: KLIMA-18 PLAN								
TWh/a	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2060	
<b>A) aus EEG-Anlagen (KWK)</b>	<b>18,2</b>	<b>25,7</b>	<b>29,8</b>	<b>33,2</b>	<b>37,8</b>	<b>45,0</b>	<b>50,5</b>	<b>57,1</b>	<b>63,8</b>	<b>68,2</b>	<b>71,3</b>	<b>71,9</b>	<b>71,7</b>	
Biomasse fest	10,1	12,4	13,7	13,8	15,4	21,1	26,1	32,7	39,4	43,8	46,8	47,4	47,3	
Biogas, Deponie-, Klärgas, Flüssige Biomasse	8,1	13,3	16,1	19,5	22,4	23,9	24,4	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	
<b>B) weitere Biomassen</b>	<b>53,0</b>	<b>99,9</b>	<b>106,5</b>	<b>96,9</b>	<b>110,9</b>	<b>108,4</b>	<b>104,1</b>	<b>98,9</b>	<b>92,3</b>	<b>89,4</b>	<b>87,3</b>	<b>85,7</b>	<b>85,7</b>	
Heizwerke, feste Biomasse	13,6	20,5	22,8	20,0	24,5	25,2	26,3	25,9	23,6	24,2	24,6	24,6	24,6	
Einzelheizungen, fest	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	71,3	65,8	61,0	56,7	53,2	50,7	49,1	49,1	
Biogener Abfall (KWK)	7,5	7,3	9,0	11,4	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	
<b>Biowärme gesamt</b>	<b>55,0</b>	<b>125,6</b>	<b>136,3</b>	<b>130,1</b>	<b>148,7</b>	<b>153,4</b>	<b>154,6</b>	<b>156,0</b>	<b>156,1</b>	<b>157,6</b>	<b>158,6</b>	<b>157,5</b>	<b>157,4</b>	
davon KWK-Wärme	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	57,0	62,5	69,1	75,8	80,2	83,3	83,9	83,7	
feste Biomasse, gesamt	85,7	105,1	111,1	99,3	114,3	117,5	118,2	119,5	119,6	121,1	122,1	121,1	120,9	
<b>Solkollektoren</b>	<b>1,3</b>	<b>5,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,3</b>	<b>7,9</b>	<b>9,0</b>	<b>13,4</b>	<b>18,9</b>	<b>26,9</b>	<b>36,3</b>	<b>43,6</b>	<b>49,8</b>	<b>60,0</b>	
Einzelanlagen	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	8,9	13,0	17,6	24,4	32,1	37,5	41,8	48,9	
Nahwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	1,2	2,5	4,2	6,1	8,0	11,1	
<b>Umweltwärme/Geothermie</b>	<b>1,8</b>	<b>6,9</b>	<b>8,7</b>	<b>10,6</b>	<b>13,6</b>	<b>18,7</b>	<b>32,2</b>	<b>44,1</b>	<b>57,1</b>	<b>68,8</b>	<b>76,8</b>	<b>83,6</b>	<b>93,4</b>	
Hydrothermal, tiefe Geotherm.	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,8	5,2	8,9	13,5	17,8	20,6	22,2	23,1	
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	16,9	27,0	35,2	43,6	51,0	56,2	61,4	70,4	
<b>KWK aus EE-Wasserstoff</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10,7</b>	<b>21,8</b>	<b>33,0</b>	<b>47,3</b>	<b>61,7</b>	<b>85,3</b>	
<b>EE-Wärme gesamt</b>	<b>110,5</b>	<b>138,1</b>	<b>151,8</b>	<b>148,1</b>	<b>170,2</b>	<b>181,1</b>	<b>200,2</b>	<b>229,7</b>	<b>261,9</b>	<b>295,6</b>	<b>326,4</b>	<b>352,7</b>	<b>396,1</b>	
	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>	
KWK (Biomasse)	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	57,0	62,5	69,1	75,8	80,2	83,3	83,9	83,7	
KWK (EE-H2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	21,8	33,0	47,3	61,7	85,3	
Andere Nahwärme*)	14,1	21,2	23,6	21,0	25,8	27,1	31,9	36,1	39,6	46,2	51,3	54,8	58,7	
<b>Nahwärme (mit/ohne KWK)</b>	<b>39,8</b>	<b>54,2</b>	<b>62,4</b>	<b>65,7</b>	<b>75,6</b>	<b>84,1</b>	<b>94,4</b>	<b>115,9</b>	<b>137,3</b>	<b>159,3</b>	<b>181,9</b>	<b>200,4</b>	<b>227,8</b>	
Biomasse-Einzelheiz.	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	71,3	65,8	61,0	56,7	53,2	50,7	49,1	49,1	
Solarthermie-Einzel	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	8,9	13,0	17,6	24,4	32,1	37,5	41,8	48,9	
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	16,9	27,0	35,2	43,6	51,0	56,2	61,4	70,4	
<b>Einzelanlagen</b>	<b>70,7</b>	<b>84,0</b>	<b>89,5</b>	<b>82,4</b>	<b>94,6</b>	<b>97,0</b>	<b>105,8</b>	<b>113,8</b>	<b>124,6</b>	<b>136,3</b>	<b>144,4</b>	<b>152,3</b>	<b>168,3</b>	

\*) Biomasse-Heizwerke, Solarthermie, Hydrothermale Wärme,

ARES-KLIMA18 PLAN; 25.1.2018

Tabelle C12: Jährliche Brutto-Installation der Anlagen zur Stromerzeugung

		Jährliche Brutto-Leistungsinstallation; MW/a				SZEN: KLIMA-18 PLAN			
		STROM (MWel/a)						Strom gesamt MWel/a	
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Import	E Biomasse (oh. biog. Mü)		
2000	0	1662	0	44	0	0	108	1814	
2001	19	2641	0	120	0	0	127	2907	
2002	126	3238	0	150	0	0	201	3715	
2003	35	2617	0	180	0	0	400	3232	
2004	252	2019	0	512	0	0	258	3041	
2005	44	1763	0	980	0	0	666	3453	
2006	2	2193	0	1020	0	0	656	3871	
2007	0	1615	0	1271	2	0	384	3272	
2008	9	1632	10	1813	0	0	291	3755	
2009	196	1817	25	4446	3	0	765	7252	
2010	86	1380	45	7338	0	0	746	9595	
2011	237	1870	108	7485	0	0	777	10477	
2012	2	1973	80	7604	13	0	728	10400	
2013	2	2410	354	3304	16	0	382	6468	
2014	9	4943	372	2006	0	0	110	7440	
2015	29	4016	2303	1456	1	0	107	7912	
2016	28	4250	853	1477	3	0	117	6728	
2017	25	5333	1237	2000	5	0	0	8600	
2018	53	3500	800	2500	8	0	270	7131	
2019	65	3400	850	3000	12	0	184	7511	
2020	80	3350	930	3400	20	0	185	7965	
2025	75	3825	1110	4500	40	100	339	10340	
2030	70	4300	1500	6000	70	300	475	12715	
2035	63	4800	1900	6500	90	460	584	14397	
2040	56	5100	2400	7000	110	620	445	15731	
2045	49	5100	2400	7200	120	650	560	16078	
2050	41	5100	2400	7300	120	700	497	16158	
2055	38	5100	2450	7600	120	950	381	16639	
2060	35	5150	2450	7800	120	1250	397	17202	
Mittelwert 2000 - 2017	65	2787	317	2542	3	0	401	6114	
Mittelwert 2018-2030	71	3913	1202	4723	45	154	362	10607	
Mittelwert 2031-2060	59	5775	2583	8233	125	822	556	18153	

Tabelle C 13: Jährliche Netto-Installation der Anlagen zur EE-Stromerzeugung

		Jährlicher Leistungszuwachs (netto); MW/a				SZEN: KLIMA-18 PLAN			
		STROM (MWel/a)						Strom gesamt MWel/a	
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Import	E Biomasse (oh. biog. Mü)		
<b>2000</b>	0	<b>1662</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>1814</b>	
2001	0	2641	0	120	0	0	127	2888	
2002	107	3238	0	150	0	0	201	3696	
2003	16	2617	0	180	0	0	400	3212	
2004	233	2019	0	512	0	0	258	3021	
<b>2005</b>	<b>25</b>	<b>1763</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>3434</b>	
2006	-17	2193	0	1020	0	0	656	3852	
2007	-19	1615	0	1271	2	0	384	3253	
2008	-10	1632	10	1813	0	0	291	3736	
2009	177	1817	25	4446	3	0	765	7233	
<b>2010</b>	<b>67</b>	<b>1380</b>	<b>45</b>	<b>7338</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>746</b>	<b>9576</b>	
2011	218	1845	108	7485	0	0	777	10433	
2012	-17	1854	80	7604	13	0	728	10261	
2013	-17	2258	354	3304	16	0	382	6297	
2014	-10	4651	372	2006	0	0	110	7129	
<b>2015</b>	<b>10</b>	<b>3624</b>	<b>2303</b>	<b>1456</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>107</b>	<b>7501</b>	
2016	9	4139	853	1476	3	0	117	6597	
2017	6	4905	1237	1996	5	0	-23	8126	
2018	34	2960	800	2497	8	0	270	6569	
2019	46	2612	850	2997	12	0	163	6679	
<b>2020</b>	<b>61</b>	<b>1792</b>	<b>930</b>	<b>3394</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>157</b>	<b>6354</b>	
2025	55	2001	1110	4427	40	<b>200</b>	102	7935	
<b>2030</b>	<b>50</b>	<b>1760</b>	<b>1446</b>	<b>5207</b>	<b>69</b>	<b>200</b>	<b>118</b>	<b>8850</b>	
2035	38	1904	1561	4514	84	460	122	8683	
<b>2040</b>	<b>29</b>	<b>1000</b>	<b>1679</b>	<b>3933</b>	<b>100</b>	<b>620</b>	<b>79</b>	<b>7440</b>	
2045	20	1470	1316	3061	80	550	63	6560	
<b>2050</b>	<b>10</b>	<b>920</b>	<b>1134</b>	<b>2570</b>	<b>50</b>	<b>400</b>	<b>33</b>	<b>5116</b>	
2055	5	400	790	1278	30	490	16	3009	
<b>2060</b>	<b>1</b>	<b>110</b>	<b>590</b>	<b>1300</b>	<b>10</b>	<b>630</b>	<b>17</b>	<b>2658</b>	
<b>Mittelwert 2000 - 2017</b>	<b>45</b>	<b>2697</b>	<b>317</b>	<b>2541</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>400</b>	<b>6003</b>	
<b>Mittelwert 2018-2030</b>	<b>53</b>	<b>2106</b>	<b>1052</b>	<b>4089</b>	<b>34</b>	<b>154</b>	<b>124</b>	<b>7612</b>	
<b>Mittelwert 2031-2060</b>	<b>21</b>	<b>1258</b>	<b>1222</b>	<b>2951</b>	<b>65</b>	<b>500</b>	<b>67</b>	<b>6084</b>	

## D) Szenario KLIMA-18 OPT

Tabelle D 1: Eckdaten, insbesondere Beiträge der Erneuerbaren Energien

	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12336	10754	9410	7560	6663	6345
Primärenergie EE, PJ/a; 1)	1413	1385	1519	1671	2064	2574	3148	4240	4971	5165
<b>Anteil EE an PEV, %</b>	<b>9,9</b>	<b>10,3</b>	<b>11,5</b>	<b>12,4</b>	<b>16,7</b>	<b>23,9</b>	<b>33,5</b>	<b>56,1</b>	<b>74,6</b>	<b>81,4</b>
Anteil EE an PEV ohne nicht-energetischen Verbrauch, %	10,7	11,2	12,5	13,4	18,2	26,3	37,3	64,2	86,9	95,4
Endenergie, PJ/a	9310	8918	8699	9151	8723	7973	7152	5697	4740	4404
Endenergie EE, PJ/a	995	1182	1229	1391	1709	2152	2634	3529	4041	4160
<b>Anteil EE an EEV, %</b>	<b>10,7</b>	<b>13,3</b>	<b>14,1</b>	<b>15,2</b>	<b>19,6</b>	<b>27,0</b>	<b>36,8</b>	<b>62,0</b>	<b>85,2</b>	<b>94,5</b>
<b>Anteil EE an BEEV, %; 2)</b>	<b>10,5</b>	<b>12,9</b>	<b>13,7</b>	<b>14,8</b>	<b>19,0</b>	<b>26,2</b>	<b>35,8</b>	<b>60,1</b>	<b>82,8</b>	<b>91,7</b>
Strom Endenergie, PJ/a	1899	1884	1846	1856	1872	1876	1917	2018	2063	2063
Strom Endenergie EE, PJ/a	376	513	580	678	943	1258	1542	1932	2043	2059
<b>Anteil EE, %</b>	<b>19,8</b>	<b>27,2</b>	<b>31,4</b>	<b>36,5</b>	<b>50,4</b>	<b>67,1</b>	<b>80,4</b>	<b>95,8</b>	<b>99,1</b>	<b>99,8</b>
Wärme Endenergie, PJ/a; 3)	4897	4518	4279	4640	4307	3776	3301	2291	1714	1574
Wärme Endenergie EE, PJ/a	497	546	532	605	656	755	877	1174	1409	1496
<b>Anteil EE, %</b>	<b>10,1</b>	<b>12,1</b>	<b>12,4</b>	<b>13,0</b>	<b>15,2</b>	<b>20,0</b>	<b>26,6</b>	<b>51,2</b>	<b>82,2</b>	<b>95,0</b>
Kraftstoffe Endenergie, PJ/a; 4)	2514	2516	2574	2655	2544	2322	1934	1388	964	767
Kraftstoffe Endenergie EE, PJ/a	122	124	117	108	110	139	215	424	589	606
<b>Anteil EE, %</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>6,0</b>	<b>11,1</b>	<b>30,5</b>	<b>61,1</b>	<b>79,0</b>
Bruttostromverbrauch, TWh/a; 5)	615	605	591	595	600	611	653	802	948	992
EE-Stromerzeugung, TWh/a; 6)	104	142	161	188	265	375	496	740	918	976
<b>Anteil EE, %</b>	<b>17,0</b>	<b>23,5</b>	<b>27,3</b>	<b>31,6</b>	<b>44,2</b>	<b>61,4</b>	<b>76,0</b>	<b>92,3</b>	<b>96,9</b>	<b>98,4</b>
Anteil EE- Inland, %	17,0	23,5	27,3	31,6	44,2	60,8	74,2	86,8	86,8	86,4
Primärenergie, PJ/a	14217	13447	13166	13425	12336	10754	9410	7560	6663	6345
<b>Erneuerbare Energien</b>	<b>1413</b>	<b>1385</b>	<b>1519</b>	<b>1671</b>	<b>2064</b>	<b>2574</b>	<b>3148</b>	<b>4240</b>	<b>4971</b>	<b>5165</b>
Mineralöl	4684	4526	4478	4556	4341	3814	2987	1830	1200	958
Kohlen; 7)	3416	3530	3435	3234	2074	1440	550	71	40	38
Erdgas	3171	2920	2674	3042	3137	2926	2725	1420	452	184
<b>Fossile Energien gesamt</b>	<b>11271</b>	<b>10976</b>	<b>10587</b>	<b>10831</b>	<b>9552</b>	<b>8180</b>	<b>6262</b>	<b>3320</b>	<b>1692</b>	<b>1180</b>
- davon für energetische Zwecke	10237	10000	9597	9864	8587	7220	5307	2375	762	260
Kernenergie	1533	1085	1059	923	720	0	0	0	0	0
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>799</b>	<b>648</b>	<b>526</b>	<b>358</b>	<b>150</b>	<b>47</b>	<b>15</b>
<b>Verringerung seit 1990, %; 8)</b>	<b>20,7</b>	<b>22,2</b>	<b>24,4</b>	<b>23,9</b>	<b>38,2</b>	<b>49,9</b>	<b>65,9</b>	<b>85,8</b>	<b>95,5</b>	<b>98,6</b>
durch EE vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	119	129	138	159	211	272	347	434	486	484
<b>THG-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a,</b>	<b>943</b>	<b>925</b>	<b>902</b>	<b>909</b>	<b>750</b>	<b>615</b>	<b>430</b>	<b>196</b>	<b>63</b>	<b>21</b>
<b>Verringerung seit 1990, %</b>	<b>24,7</b>	<b>26,1</b>	<b>28,0</b>	<b>27,4</b>	<b>40,1</b>	<b>50,9</b>	<b>65,7</b>	<b>84,4</b>	<b>95,0</b>	<b>98,3</b>

1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode ; einschließlich nichtenergetischen Verbrauch

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018

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. 2025)

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

8) 1990 = 1050 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (energiebedingte Emissionen + Industrieprozesse)

9) 1990 = 1252 Mio. t CO<sub>2</sub>eq/a

**Tabelle D 2: Einsatz von Erdgas, Kohlen und Mineralöl**

<b>Erdgaseinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	295	168	188	195	204	110	17	9	1	1	1
Kraft-Wärme-Kopplung	813	856	886	855	731	585	440	287	135	67	0
Raumheizung, WW	1240	1130	1050	860	740	484	228	120	12	6	0
Prozesswärme	700	760	780	790	830	686	541	334	127	74	20
Kraftstoffe	10	7	12	20	30	35	40	43	45	48	50
NE-Verwendung	62	68	97	96	96	95	95	94	93	93	92
Verluste	51	53	124	110	95	77	60	49	39	30	21
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3171</b>	<b>3042</b>	<b>3137</b>	<b>2926</b>	<b>2725</b>	<b>2072</b>	<b>1420</b>	<b>936</b>	<b>452</b>	<b>318</b>	<b>184</b>
EE-Wasserstoff	0	0	0	25	117	231	459	588	845	907	968
Erdgas + Wasserstoff	3171	3042	3137	2951	2842	2303	1879	1523	1297	1225	1152
<b>Kohleeinsatz, PJ/a (Braun- und Steinkohle)</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kond. Kraftwerke	2439	2454	1519	1117	425	212	0	0	0	0	0
KWK (einschl. Müll-HKW)	379	269	224	157	89	76	63	51	39	38	37
Prozess-, Raumwärme	460	395	250	100	0	0	0	0	0	0	0
Verluste	139	115	82	67	35	21	7	4	1	1	1
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>3416</b>	<b>3234</b>	<b>2074</b>	<b>1440</b>	<b>550</b>	<b>310</b>	<b>71</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>
<b>Mineralöleinsatz, PJ/a</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2055</b>	<b>2060</b>
Kraftwerke	49	27	23	9	0	0	0	0	0	0	0
Raum-, Prozesswärme	1180	1034	884	663	349	175	1	0	0	0	0
Kraftstoffe	2381	2540	2422	2163	1689	1306	924	627	330	221	111
NE-Verwendung	879	870	869	864	860	855	851	844	837	833	828
Verluste	194	84	143	115	90	72	55	44	33	26	19
<b>Primärenergieeinsatz</b>	<b>4684</b>	<b>4556</b>	<b>4341</b>	<b>3814</b>	<b>2987</b>	<b>2409</b>	<b>1830</b>	<b>1515</b>	<b>1200</b>	<b>1079</b>	<b>958</b>

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018

**Tabelle D3: Struktur des Primärenergieeinsatzes nach Energieträgern und Verbrauchssektoren**

<b>Primärenergie, (PJ/a)</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	1851	1779	1533	923	720	0	0	0	0	0
Kohlen, Sonstige	3649	3594	3416	3234	2074	1440	550	71	40	38
Mineralöl	5499	5166	4684	4556	4341	3814	2987	1830	1200	958
Erdgas	2985	3250	3171	3042	3137	2926	2725	1420	452	184
Biomasse, biog. Abfall	294	575	1114	1100	1182	1226	1282	1330	1354	1354
Wasser, Erdwärme	84	81	101	123	153	228	304	469	615	636
Windenergie	34	98	136	283	507	757	1023	1548	1875	1963
Solarstrahlung	5	16	62	165	222	363	539	893	1127	1212
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12336</b>	<b>10754</b>	<b>9410</b>	<b>7560</b>	<b>6663</b>	<b>6345</b>
	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Private Haushalte	2584	2591	2678	2394	2256	2067	1875	1414	1168	1091
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	1478	1437	1480	1480	1375	1175	1033	798	678	650
Industrie	2421	2514	2592	2581	2485	2315	2118	1785	1548	1503
Verkehr	2751	2585	2559	2696	2607	2417	2126	1700	1346	1160
NE-Verbrauch	1068	1114	1034	967	965	960	955	945	930	920
Umwandl. Strom	3319	3527	3232	2753	2016	1200	688	268	198	153
Umwandl. Übrige	780	790	642	554	631	621	615	650	795	868
<b>Gesamt</b>	<b>14401</b>	<b>14558</b>	<b>14217</b>	<b>13425</b>	<b>12336</b>	<b>10754</b>	<b>9410</b>	<b>7560</b>	<b>6663</b>	<b>6345</b>
davon Endenergie	9234	9127	9310	9151	8723	7973	7152	5697	4740	4404

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018



**Tabelle D 4: Eckdaten der Stromversorgung: Erzeugung und Leistung, CO<sub>2</sub>-Emissionen**

	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Stromerzeugung, TWh/a</b>										
Kernenergie	141	100	97	85	67	0	0	0	0	0
Steinkohle, Müll, Pumpsp.	143	141	143	141	113	100	52	18	16	16
Braunkohle	146	161	156	150	78	48	15	0	0	0
Erdgas, Öl, übr. Gase	98	85	70	86	93	95	90	44	14	0
Windenergie	38	51	57	79	138	207	280	415	485	496
Fotovoltaik	12	26	36	38	52	82	114	162	185	197
Biomasse, Wasser, Erdwärme	55	65	68	71	75	82	88	101	112	113
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	3	18	41	51
Saldo EE-Stromimport	0	0	0	0	0	3	11	45	95	119
<b>Bruttostromerzeugung*)</b>	<b>632</b>	<b>628</b>	<b>627</b>	<b>649</b>	<b>616</b>	<b>618</b>	<b>653</b>	<b>802</b>	<b>948</b>	<b>992</b>
Bruttostromverbrauch*)	615	605	591	595	600	611	653	802	948	992
Endenergie Strom	528	523	513	516	520	521	533	561	573	573
<b>Installierte Leistung, GW</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
Kernenergie	20,8	12,0	12,0	10,8	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle, sonst.	35,1	35,1	36,0	34,0	31,3	28,3	19,1	4,2	3,3	3,3
Braunkohle	21,7	23,2	22,0	21,4	12,3	7,5	2,4	0,0	0,0	0,0
Erdgas, Öl,	30,9	31,9	31,5	32,4	33,5	36,0	36,1	25,1	8,0	0,1
Windenergie	27,1	31,0	38,6	49,5	69,4	95,1	120,7	159,3	170,0	170,7
Fotovoltaik	17,9	33,0	38,3	41,3	54,3	84,9	116,9	165,1	186,5	198,6
Biomasse, Wasser, Geoth.	11,2	12,8	13,5	13,7	14,4	18,1	19,9	24,2	26,3	26,8
EE-Wasserstoff						0,0	1,0	10,2	23,5	30,6
Speicher	6,5	6,5	6,7	6,7	7,0	9,0	11,0	12,0	12,0	12,0
EE-Importsaldo**)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,1	7,6	15,5	19,5
<b>Gesamte Bruttoleistung</b>	<b>171</b>	<b>185</b>	<b>199</b>	<b>210</b>	<b>231</b>	<b>280</b>	<b>329</b>	<b>408</b>	<b>445</b>	<b>462</b>
Nicht jederzeit einsetzbar ***)	60	76	87	101	132	187	243	322	355	369
Gesicherte Leistung, brutto	111	109	111	109	99	93	86	86	90	93
Bruttohöchstlast	78	78	78	78	74	73	71	72	73	73
Als Reserve verbleibend	33	31	33	31	25	20	15	14	17	20
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mio. t/a)</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>208</b>	<b>162</b>	<b>88</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>3</b>
A) CO <sub>2</sub> -Faktoren, kg/kWh el	0,816	0,843	0,855	0,813	0,732	0,669	0,558	0,361	0,302	
B) CO <sub>2</sub> -Faktoren, kg/kWh el	0,500	0,519	0,503	0,471	0,337	0,263	0,134	0,028	0,009	
*) einschl. Erzeugung in Pumpspeichern, anorganischer Müll u.a. feste Brennstoffe										
**)Technologiemix aus Windenergie, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft										
***) insbesondere Wind (90-95%), PV(~99%); unvorhergeseh. Ausfälle ; näherungsweise Abschätzung										
A) bezogen auf fossilen Strom; B) bezogen auf gesamte Stromerzeugung										
SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018										

**Tabelle D 5: Eckdaten der Wärmeversorgung**

Struktur der Wärmeversorgung, (PJ/a)	SZEN: KLIMA-18 OPT										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Solarkollektoren	16	20	24	26	28	35	66	104	205	247	253
Umweltw., Geotherm.	17	25	31	38	44	69	121	170	276	342	364
Biomasse	339	452	491	468	533	552	557	562	567	567	567
Wasserstoff (KWK, Ind.)	0	0	0	0	0	0	11	41	126	253	312
Fern- +Nahwärme, fos.	440	454	454	418	438	429	402	381	299	136	63
Industr. KWK, fossil	264	286	272	262	287	268	216	134	49	30	16
Gase; direkt	1950	2020	1970	1920	1880	1820	1640	1560	769	139	0
Kohlen; direkt	450	460	432	425	395	250	100	0	0	0	0
Heizöl; direkt	1271	1180	843	721	1034	884	663	349	1	0	0
Stromwärme*)	506	518	506	463	474	470	482	479	503	518	522
<b>Gesamte Wärme</b>	<b>5253</b>	<b>5415</b>	<b>5024</b>	<b>4742</b>	<b>5114</b>	<b>4777</b>	<b>4257</b>	<b>3781</b>	<b>2794</b>	<b>2231</b>	<b>2096</b>
2008 = 100	100	103,1	95,6	90,3	97,3	90,9	81,0	72,0	53,2	42,5	39,9
- davon aus EE-Quellen (einschl. Stromanteil)	447	583	649	663	744	860	1051	1247	1645	1916	2015
Anteil EE (%)	8,5	10,8	12,9	14,0	14,5	18,0	24,7	33,0	58,9	85,9	96,1
<b>Gesamte Wärme ohne Stromwärme</b>	<b>4748</b>	<b>4897</b>	<b>4518</b>	<b>4279</b>	<b>4640</b>	<b>4307</b>	<b>3776</b>	<b>3301</b>	<b>2291</b>	<b>1714</b>	<b>1575</b>
- davon EE	372	497	546	532	605	656	755	877	1174	1409	1496
Anteil EE (%)	7,8	10,1	12,1	12,4	13,0	15,2	20,0	26,6	51,2	82,2	95,0
KWK-Wärme (fossil, Biomasse, Geoth.)	699	757	751	728	789	783	753	718	678	615	567
Anteil an ges. Wärme, (%)	13,3	14,0	14,9	15,3	15,4	16,4	17,7	19,0	24,3	27,6	27,0
*) Summe aller Einsatzarten von Strom zur Raumwärme-, Warmwasser- und Prozesswärmebereitstellung											SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018
Netze Stromwärme; PJ/a					0	6	32	58	79	100	95
Netze fossil; PJ/a	440	454	454	418	438	429	402	381	299	136	63
Netze EE; PJ/a	120	165	180	196	231	272	332	410	543	677	725
Netze Summe	560	619	634	614	669	707	766	849	921	913	883
<b>Netze Anteil (%)</b>	<b>10,7</b>	<b>11,4</b>	<b>12,6</b>	<b>12,9</b>	<b>13,1</b>	<b>14,8</b>	<b>18,0</b>	<b>22,5</b>	<b>33,0</b>	<b>40,9</b>	<b>42,1</b>

**Tabelle D 6: Stromverwendung im Wärmesektor**

Strom für Wärmezwecke (TWh/a)	SZEN: KLIMA-18 OPT											
	2008	2010	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
"konvent." Raumheizung	26,6	25,4	18,3	15	13	10	8	6	3	0	0	0
Warmwasser	21,3	26,8	24,4	24	22	21	20	19	19	18	17	16
"konvent." Prozesswärme	90,6	88,9	84,2	79	72	62	58	54	52	50	48	46
Wärmepumpen	2,1	2,9	4,7	7	12	16	20	23	25	26	27	28
Wärmenetze	0	0	0	2	9	16	19	22	25	28	27	26
"neue" Prozesswärme (Ind)	0,0	0,0	0,0	4	6	8	12	15	19	22	25	29
<b>Ges. Stromwärme</b>	<b>140,5</b>	<b>143,9</b>	<b>131,7</b>	<b>130</b>	<b>134</b>	<b>133</b>	<b>136</b>	<b>140</b>	<b>142</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>145</b>
"konventionelle " Wärme	138,5	141,0	127,0	118	107	93	86	79	74	68	65	62
"neue" Wärme	2,1	2,9	4,7	13	27	40	50	60	68	76	79	83
Anteil an ges. Stromverbr. (%)	26,8	27,3	25,5	25,1	25,7	25,0	25,0	24,9	25,0	25,1	25,2	25,3
davon aus EE-Quellen (TWh/a)	20,6	24,0	38,6	57	82	103	117	131	136	141	143	144
davon aus EE-Quellen (PJ/a)	<b>74</b>	<b>86</b>	<b>139</b>	<b>204</b>	<b>296</b>	<b>370</b>	<b>421</b>	<b>471</b>	<b>490</b>	<b>508</b>	<b>514</b>	<b>519</b>
SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018												

**Tabelle D 7: Energieeinsatz im Verkehr nach Energieträgern und Verkehrsmittel**

Energieeinsatz im Verkehr; PJ/a	SZEN: KLIMA-18 OPT										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Benzin	856	808	740	746	710	640	545	348	126	4	0
Diesel	1179	1216	1248	1321	1422	1364	1206	956	501	140	0
Kerosin	341	358	396	383	409	418	412	385	297	186	112
Biokraftstoffe	128	122	124	117	108	110	125	150	170	180	180
Erdgas	20	10	9	7	7	12	20	30	40	45	50
EE-Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	14	65	254	409	426
Elektrizität	47	45	44	42	41	63	94	192	312	382	393
<b>Endenergie gesamt</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2607</b>	<b>2417</b>	<b>2126</b>	<b>1700</b>	<b>1346</b>	<b>1160</b>
Personenverkehr	1840	1864	1864	1892	1937	1843	1681	1436	1096	832	710
Güterverkehr	731	695	696	724	759	764	736	689	604	514	450
PKW	1475	1481	1449	1491	1521	1422	1251	1012	724	506	406
LKW	648	616	611	638	668	670	636	589	506	420	359
Busse	35	34	34	34	35	33	33	33	34	36	37
Bahn	60	58	59	58	54	54	53	52	51	52	54
Schiff	12	12	11	11	11	10	11	13	13	12	12
Flugzeug	341	358	396	383	409	418	434	427	372	320	291

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018

**Tabelle D 8: Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Personen- und Güterverkehr**

Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen im Verkehr	SZEN: KLIMA-18 OPT										
	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Personenverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	1706	1733	1737	1765	1818	1700	1487	1147	640	261	130
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***	109	107	103	103	96	100	126	162	267	325	336
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	119	121	121	124	127	119	104	80	44	18	9
- Strom (PJ/a)	25	24	24	24	23	43	67	127	190	246	244
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	5	4	4	4	4	5	6	6	2	1	0
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1840</b>	<b>1864</b>	<b>1864</b>	<b>1892</b>	<b>1937</b>	<b>1843</b>	<b>1681</b>	<b>1436</b>	<b>1096</b>	<b>832</b>	<b>710</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)**</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>124</b>	<b>110</b>	<b>86</b>	<b>47</b>	<b>19</b>	<b>9</b>
<b>Güterverkehr</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	690	658	656	691	729	734	695	571	324	114	31
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***	18	16	21	14	12	10	13	53	157	264	270
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	48	46	46	48	51	51	49	40	23	8	2
- Strom (PJ/a)	23	21	19	18	18	20	27	65	123	136	148
CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	4	3	3	3	3	2	2	3	1	1	0
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>731</b>	<b>695</b>	<b>696</b>	<b>724</b>	<b>759</b>	<b>764</b>	<b>736</b>	<b>689</b>	<b>604</b>	<b>514</b>	<b>450</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)**</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>Verkehr gesamt</b>											
- fossile Kraftstoffe (PJ/a)	2396	2391	2393	2457	2547	2434	2183	1719	964	375	161
- EE-Kraftstoffe (PJ/a)***	128	122	124	117	108	110	139	215	424	589	606
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	167	167	167	172	178	170	153	120	67	26	11
- Strom (PJ/a)	47	45	44	42	41	63	94	192	312	382	393
- CO <sub>2</sub> (Mio. t/a)	9	8	8	7	7	7	8	9	3	2	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2560</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2607</b>	<b>2417</b>	<b>2126</b>	<b>1700</b>	<b>1346</b>	<b>1160</b>
<b>CO<sub>2</sub> (Mio. t/a)**</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>177</b>	<b>161</b>	<b>129</b>	<b>70</b>	<b>27</b>	<b>11</b>
<b>EE-Endenergie (einschl. Stromanteil)</b>	<b>135</b>	<b>130</b>	<b>134</b>	<b>128</b>	<b>120</b>	<b>149</b>	<b>216</b>	<b>396</b>	<b>733</b>	<b>970</b>	<b>998</b>
<b>Anteil EE , % (einschl. Strom)</b>	<b>5,2</b>	<b>5,1</b>	<b>5,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>5,7</b>	<b>8,9</b>	<b>18,6</b>	<b>43,1</b>	<b>72,1</b>	<b>86,1</b>

\*\*\*) einschließlich Stromanteil

\*\*) einschließlich EE-Wasserstoff ab 2025

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018

**Tabelle D 9: Endenergie, CO2-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten**

	Energie, CO2-Emissionen nach Sektoren und Nutzungsarten											SZEN: KLIMA-18 OPT
	1990	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Industrie</b>												
- Wärme (PJ/a)*	2196	1736	1742	1773	1722	1766	1666	1517	1347	1023	793	755
- CO2 (Mio. t/a)	208	130	124	127	123	120	105	85	61	27	6	0
- Strom (PJ/a)**	781	851	850	814	823	815	819	798	771	762	755	748
- CO2 (Mio. t/a)	174	149	141	141	141	134	91	69	35	8	3	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2977</b>	<b>2587</b>	<b>2592</b>	<b>2587</b>	<b>2545</b>	<b>2581</b>	<b>2485</b>	<b>2315</b>	<b>2118</b>	<b>1785</b>	<b>1548</b>	<b>1503</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>382</b>	<b>279</b>	<b>266</b>	<b>268</b>	<b>264</b>	<b>254</b>	<b>196</b>	<b>154</b>	<b>97</b>	<b>35</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
<b>GHD</b>												
- Wärme (PJ/a)*	1362	955	987	842	836	942	842	646	518	290	178	153
- CO2 (Mio. t/a)	129	72	70	60	60	64	53	36	24	8	1	0
- Strom (PJ/a)	371	488	494	533	514	538	533	529	515	508	500	497
CO2 (Mio. t/a)	83	85	82	92	88	89	59	46	24	6	2	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>1733</b>	<b>1443</b>	<b>1480</b>	<b>1375</b>	<b>1350</b>	<b>1480</b>	<b>1375</b>	<b>1175</b>	<b>1033</b>	<b>798</b>	<b>678</b>	<b>650</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>212</b>	<b>157</b>	<b>152</b>	<b>153</b>	<b>148</b>	<b>153</b>	<b>112</b>	<b>82</b>	<b>47</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Haushalte</b>												
- Wärme (PJ/a)*	1940	2057	2168	1903	1721	1932	1799	1613	1436	978	743	667
- CO2 (Mio. t/a)	184	155	155	136	123	131	113	90	65	26	5	0
- Strom (PJ/a)	443	501	510	493	467	462	457	454	439	436	425	425
CO2 (Mio. t/a)	99	88	85	85	80	76	51	39	20	5	2	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2383</b>	<b>2558</b>	<b>2678</b>	<b>2396</b>	<b>2188</b>	<b>2394</b>	<b>2256</b>	<b>2067</b>	<b>1875</b>	<b>1414</b>	<b>1168</b>	<b>1091</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>283</b>	<b>242</b>	<b>239</b>	<b>222</b>	<b>203</b>	<b>208</b>	<b>164</b>	<b>130</b>	<b>85</b>	<b>31</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
<b>Verkehr</b>												
- Kraftstoffe (PJ/a)	2335	2524	2514	2514	2574	2655	2544	2322	1934	1388	964	767
- CO2 (Mio. t/a)	163	167	167	167	172	178	170	153	120	67	26	11
- Strom (PJ/a)	44	47	45	45	42	41	63	94	192	312	382	393
CO2 (Mio. t/a)	10	8	8	8	7	7	7	8	9	3	2	1
<b>Endenergie (PJ/a)</b>	<b>2379</b>	<b>2571</b>	<b>2559</b>	<b>2559</b>	<b>2616</b>	<b>2696</b>	<b>2607</b>	<b>2417</b>	<b>2126</b>	<b>1700</b>	<b>1346</b>	<b>1160</b>
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>173</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>	<b>179</b>	<b>185</b>	<b>177</b>	<b>161</b>	<b>129</b>	<b>70</b>	<b>27</b>	<b>11</b>
<b>Alle Sektoren (wie Tab. 5c)</b>												
- Wärme (PJ/a)*	5499	4748	4897	4518	4279	4640	4307	3776	3301	2291	1714	1574
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>521</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>271</b>	<b>211</b>	<b>150</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>1</b>
- Strom (PJ/a)	1638	1887	1899	1886	1846	1856	1872	1876	1917	2018	2063	2063
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>366</b>	<b>330</b>	<b>316</b>	<b>326</b>	<b>315</b>	<b>306</b>	<b>208</b>	<b>162</b>	<b>88</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>3</b>
- Kraftstoffe (PJ/a)	2335	2524	2514	2514	2574	2655	2544	2322	1934	1388	964	767
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>163</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>167</b>	<b>172</b>	<b>178</b>	<b>170</b>	<b>153</b>	<b>120</b>	<b>67</b>	<b>26</b>	<b>11</b>
Endenergie (PJ/a)	9472	9159	9310	8917	8699	9151	8723	7973	7152	5697	4740	4404
<b>Gesamtes CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>1050</b>	<b>854</b>	<b>832</b>	<b>817</b>	<b>794</b>	<b>800</b>	<b>648</b>	<b>526</b>	<b>358</b>	<b>150</b>	<b>47</b>	<b>15</b>

\*) nur Brennstoffe; einschl. Mineralöl in Spalte "stationäre Kraft"

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2018

	1990	2008	2010	2012	2014	2016	2020	2025	2030	2040	2050	2060
<b>Aufteilung Wärme</b>												
- Raumwärme (PJ/a)	3100	2790	2848	2422	2224	2503	2324	2053	1749	1144	849	772
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>293</b>	<b>210</b>	<b>203</b>	<b>173</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>146</b>	<b>115</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
- Prozesswärme+WW (PJ/a)	2399	1958	2049	2095	2054	2137	1984	1723	1552	1147	865	803
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>227</b>	<b>147</b>	<b>146</b>	<b>150</b>	<b>147</b>	<b>145</b>	<b>125</b>	<b>96</b>	<b>71</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
- Wärme gesamt *)	5499	4748	4897	4518	4279	4640	4307	3776	3301	2291	1714	1574
<b>CO2 (Mio. t/a)</b>	<b>521</b>	<b>357</b>	<b>349</b>	<b>323</b>	<b>307</b>	<b>315</b>	<b>271</b>	<b>211</b>	<b>150</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>1</b>

SZEN KLIMA-18 OPT ; 5.3.2

Tabelle D 10 a,b: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (oben) und installierte Leistungen (unten)

EE-Stromerzeugung, TWh/a	SZEN: KLIMA-18 OPT													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	20,4	20,9	22,1	19,6	19,7	20,6	22,1	22,9	23,4	24,0	24,1	24,3	24,3	24,3
Wind Land	40,6	37,6	49,9	55,9	87,2	107,1	143,3	176,2	213,7	233,8	251,9	263,6	261,3	257,9
Wind Offshore	0,0	0,2	0,7	1,5	18,3	30,6	63,9	103,5	146,5	181,1	204,2	221,5	230,4	237,8
Fotovoltaik	4,4	11,7	26,4	36,1	39,8	51,9	82,5	113,7	139,6	161,8	180,9	185,1	189,1	197,2
Biogas, Klär-, Dep.gas, flüss. B.	14,0	18,8	27,5	31,4	34,5	36,0	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
Feste Biomasse, biog. Abfall	13,7	15,1	15,6	16,5	17,0	18,5	21,9	25,6	29,4	31,7	33,4	34,0	34,0	34,1
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	1,4	3,1	5,5	8,9	13,2	17,1	18,0	17,9
<b>Gesamt in D</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>265,1</b>	<b>371,6</b>	<b>481,7</b>	<b>594,7</b>	<b>677,9</b>	<b>744,4</b>	<b>782,1</b>	<b>793,8</b>	<b>805,9</b>
Saldo Europ. Verbund *)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	11,4	24,8	44,5	70,3	95,2	110,0	118,8
<b>Gesamt</b>	<b>93,2</b>	<b>104,4</b>	<b>142,3</b>	<b>161,0</b>	<b>216,7</b>	<b>265,1</b>	<b>374,7</b>	<b>493,1</b>	<b>619,6</b>	<b>722,4</b>	<b>814,8</b>	<b>877,3</b>	<b>903,8</b>	<b>924,7</b>

\*) Technologiemix aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

ARES-KLIMA18 OPT; 25.1.2018

Installierte EE-Leistung; GWel	SZEN: KLIMA-18 OPT													
	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Wasserkraft	5,2	5,4	5,6	5,6	5,6	5,7	6,0	6,2	6,4	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6
Wind Onshore	23,8	27,0	30,7	37,6	50,3	60,5	77,5	92,8	108,2	114,0	116,6	116,6	115,6	114,1
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,1	0,3	1,0	5,4	9,0	17,7	28,0	37,6	45,3	49,8	53,4	54,9	56,6
Fotovoltaik	6,2	17,9	33,0	38,3	43,3	54,3	84,9	116,9	143,5	165,2	183,5	186,5	190,5	198,7
feste Biomasse, biog. Abfall	2,8	3,4	3,0	3,5	3,6	3,9	4,3	4,9	5,5	5,9	6,2	6,4	6,5	6,5
gasf., flüssige Biomasse	2,2	3,7	5,1	5,7	5,9	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	2,4	3,0	3,0	3,0
<b>Gesamt in D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>139,6</b>	<b>196,9</b>	<b>255,7</b>	<b>308,5</b>	<b>344,9</b>	<b>371,4</b>	<b>378,8</b>	<b>383,3</b>	<b>391,8</b>
Saldo Europ. EE-Stromverbund *	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,1	4,4	7,6	11,8	15,5	18,0	19,5
<b>Gesamt für D</b>	<b>40,2</b>	<b>57,5</b>	<b>77,8</b>	<b>91,7</b>	<b>114,0</b>	<b>139,6</b>	<b>198,0</b>	<b>257,8</b>	<b>312,9</b>	<b>352,5</b>	<b>383,2</b>	<b>394,3</b>	<b>401,3</b>	<b>411,3</b>

\*) Technologiemix aus Windkraft, Solarenergie (CSP+PV), Wasserkraft

Tabelle D 11: Wärmebereitstellung mittels erneuerbarer Energien (ohne EE-Stromwärme)

Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien (TWh/a).						SZEN: KLIMA-18 OPT							
TWh/a	2008	2010	2012	2014	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2060
<b>A) aus EEG-Anlagen (KWK)</b>	<b>18,2</b>	<b>25,7</b>	<b>29,8</b>	<b>33,2</b>	<b>37,8</b>	<b>45,0</b>	<b>50,5</b>	<b>57,1</b>	<b>63,8</b>	<b>68,2</b>	<b>71,3</b>	<b>71,9</b>	<b>71,7</b>
Biomasse fest	10,1	12,4	13,7	13,8	15,4	21,1	26,1	32,7	39,4	43,8	46,8	47,4	47,3
Biogas, Deponie-, Klärgas, Flüssige Biomasse	8,1	13,3	16,1	19,5	22,4	23,9	24,4	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
<b>B) weitere Biomassen</b>	<b>53,0</b>	<b>99,9</b>	<b>106,5</b>	<b>96,9</b>	<b>110,9</b>	<b>108,4</b>	<b>104,1</b>	<b>98,9</b>	<b>92,3</b>	<b>89,4</b>	<b>87,3</b>	<b>85,7</b>	<b>85,7</b>
Heizwerke, feste Biomasse	13,6	20,5	22,8	20,0	24,5	25,2	26,3	25,9	23,6	24,2	24,6	24,6	24,6
Einzelheizungen, fest	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	71,3	65,8	61,0	56,7	53,2	50,7	49,1	49,1
Biogener Abfall (KWK)	7,5	7,3	9,0	11,4	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
<b>Biowärme gesamt</b>	<b>55,0</b>	<b>125,6</b>	<b>136,3</b>	<b>130,1</b>	<b>148,7</b>	<b>153,4</b>	<b>154,6</b>	<b>156,0</b>	<b>156,1</b>	<b>157,6</b>	<b>158,6</b>	<b>157,5</b>	<b>157,4</b>
davon KWK-Wärme	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	57,0	62,5	69,1	75,8	80,2	83,3	83,9	83,7
feste Biomasse, gesamt	85,7	105,1	111,1	99,3	114,3	117,5	118,2	119,5	119,6	121,1	122,1	121,1	120,9
<b>Solarkollektoren</b>	<b>1,3</b>	<b>5,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,3</b>	<b>7,9</b>	<b>9,8</b>	<b>18,5</b>	<b>29,0</b>	<b>43,0</b>	<b>56,9</b>	<b>64,2</b>	<b>68,6</b>	<b>70,3</b>
Einzelanlagen	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	9,5	17,1	26,0	37,7	49,0	54,5	57,3	57,7
Nahwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,4	3,0	5,4	7,8	9,8	11,4	12,6
<b>Umweltwärme/Geothermie</b>	<b>1,8</b>	<b>6,9</b>	<b>8,7</b>	<b>10,6</b>	<b>13,6</b>	<b>18,8</b>	<b>33,5</b>	<b>47,2</b>	<b>62,2</b>	<b>76,7</b>	<b>87,0</b>	<b>94,9</b>	<b>101,0</b>
Hydrothermal, tiefe Geotherm.	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,8	5,2	8,9	13,7	19,1	23,5	26,8	27,5
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	17,0	28,3	38,3	48,5	57,7	63,5	68,1	73,4
<b>KWK aus EE-Wasserstoff</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>11,5</b>	<b>22,0</b>	<b>32,5</b>	<b>50,9</b>	<b>69,4</b>	<b>88,2</b>
<b>EE-Wärme gesamt</b>	<b>110,5</b>	<b>138,1</b>	<b>151,8</b>	<b>148,1</b>	<b>170,2</b>	<b>182,0</b>	<b>206,6</b>	<b>243,7</b>	<b>283,3</b>	<b>323,7</b>	<b>360,8</b>	<b>390,4</b>	<b>416,9</b>
	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>2060</b>
KWK (Biomasse)	25,7	33,0	38,8	44,6	49,8	57,0	62,5	69,1	75,8	80,2	83,3	83,9	83,7
KWK (EE-H2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	22,0	32,5	50,9	69,4	88,2
Andere Nahwärme*)	14,1	21,2	23,6	21,0	25,8	27,2	32,9	37,9	42,7	51,1	57,8	62,7	64,7
<b>Nahwärme (mit/ohne KWK)</b>	<b>39,8</b>	<b>54,2</b>	<b>62,4</b>	<b>65,7</b>	<b>75,6</b>	<b>84,2</b>	<b>95,4</b>	<b>118,5</b>	<b>140,5</b>	<b>163,8</b>	<b>192,1</b>	<b>215,9</b>	<b>236,7</b>
Biomasse-Einzelheiz.	62,0	72,2	74,7	65,5	74,4	71,3	65,8	61,0	56,7	53,2	50,7	49,1	49,1
Solarthermie-Einzel	4,5	5,6	6,8	7,2	7,9	9,5	17,1	26,0	37,7	49,0	54,5	57,3	57,7
Wärmepumpen	4,2	6,2	7,9	9,7	12,3	17,0	28,3	38,3	48,5	57,7	63,5	68,1	73,4
<b>Einzelanlagen</b>	<b>70,7</b>	<b>84,0</b>	<b>89,5</b>	<b>82,4</b>	<b>94,6</b>	<b>97,8</b>	<b>111,2</b>	<b>125,2</b>	<b>142,8</b>	<b>159,9</b>	<b>168,7</b>	<b>174,5</b>	<b>180,2</b>

\*) Biomasse-Heizwerke, Solarthermie, Hydrothermale Wärme,

ARES-KLIMA18 OPT; 25.1.2018

Tabelle D 12: Jährliche Brutto-Installation der Anlagen zur EE-Stromerzeugung

		Jährliche Brutto-Leistungsinstallation; MW/a				SZEN: KLIMA-18 OPT			
		STROM (MWel/a)							Strom gesamt MWel/a
	Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	Stromimport	E Biomasse (oh. biog. Mü)		
<b>2000</b>	0	<b>1662</b>	0	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>		<b>1814</b>
2001	19	2641	0	120	0	0	127		2907
2002	126	3238	0	150	0	0	201		3715
2003	35	2617	0	180	0	0	400		3232
2004	252	2019	0	512	0	0	258		3041
<b>2005</b>	<b>44</b>	<b>1763</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>666</b>		<b>3453</b>
2006	2	2193	0	1020	0	0	656		3871
2007	0	1615	0	1271	2	0	384		3272
2008	9	1632	10	1813	0	0	291		3755
2009	196	1817	25	4446	3	0	765		7252
<b>2010</b>	<b>86</b>	<b>1380</b>	<b>45</b>	<b>7338</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>746</b>		<b>9595</b>
2011	237	1870	108	7485	0	0	777		10477
2012	2	1973	80	7604	13	0	728		10400
2013	2	2410	354	3304	16	0	382		6468
2014	9	4943	372	2006	0	0	110		7440
<b>2015</b>	<b>29</b>	<b>4016</b>	<b>2303</b>	<b>1456</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>107</b>		<b>7912</b>
2016	28	4250	853	1477	3	0	117		6728
2017	25	5333	1237	2000	5	0	0		8600
2018	53	4200	1000	2500	8	0	270		8031
2019	65	4350	1200	3500	12	0	184		9311
<b>2020</b>	<b>80</b>	<b>4500</b>	<b>1400</b>	<b>5000</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>185</b>		<b>11185</b>
2025	75	5050	1750	6200	40	125	339		13500
<b>2030</b>	<b>70</b>	<b>5600</b>	<b>2100</b>	<b>7200</b>	<b>70</b>	<b>300</b>	<b>475</b>		<b>15815</b>
2035	63	5600	2100	7300	100	450	584		16197
<b>2040</b>	<b>56</b>	<b>5600</b>	<b>2300</b>	<b>7400</b>	<b>140</b>	<b>650</b>	<b>445</b>		<b>16591</b>
2045	49	5500	2450	7600	180	950	560		17288
<b>2050</b>	<b>41</b>	<b>5500</b>	<b>2600</b>	<b>7800</b>	<b>180</b>	<b>1050</b>	<b>497</b>		<b>17668</b>
2055	38	5400	2400	8000	100	950	381		17269
<b>2060</b>	<b>35</b>	<b>5300</b>	<b>2300</b>	<b>8200</b>	<b>138</b>	<b>950</b>	<b>397</b>		<b>17320</b>
<b>Mittelwert 2000 - 2017</b>	<b>65</b>	<b>2787</b>	<b>317</b>	<b>2542</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>401</b>		<b>6114</b>
<b>Mittelwert 2018-2030</b>	<b>71</b>	<b>5100</b>	<b>1758</b>	<b>6000</b>	<b>45</b>	<b>163</b>	<b>362</b>		<b>13470</b>
<b>Mittelwert 2031-2060</b>	<b>59</b>	<b>6417</b>	<b>2708</b>	<b>8917</b>	<b>151</b>	<b>883</b>	<b>556</b>		<b>19691</b>

Tabelle D 13: Jährliche Netto-Installation der Anlagen zur EE-Stromerzeugung

		Jährlicher Leistungszuwachs (netto); MW/a				SZEN: KLIMA-18 OPT			
		STROM (MWel/a)						Strom	
		Wasser	Wind Onshore	Wind Offshore	Photovolt.	Geothermie	stromimport E Biomasse (oh. biog. Mü)	gesamt MWel/a	
	<b>2000</b>	0	<b>1662</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>1814</b>
	2001	0	2641	0	120	0	0	127	2888
	2002	107	3238	0	150	0	0	201	3696
	2003	16	2617	0	180	0	0	400	3212
	2004	233	2019	0	512	0	0	258	3021
	<b>2005</b>	<b>25</b>	<b>1763</b>	<b>0</b>	<b>980</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>3434</b>
	2006	-17	2193	0	1020	0	0	656	3852
	2007	-19	1615	0	1271	2	0	384	3253
	2008	-10	1632	10	1813	0	0	291	3736
	2009	177	1817	25	4446	3	0	765	7233
	<b>2010</b>	<b>67</b>	<b>1380</b>	<b>45</b>	<b>7338</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>746</b>	<b>9576</b>
	2011	218	1845	108	7485	0	0	777	10433
	2012	-17	1854	80	7604	13	0	728	10261
	2013	-17	2258	354	3304	16	0	382	6297
	2014	-10	4651	372	2006	0	0	110	7129
	<b>2015</b>	<b>10</b>	<b>3624</b>	<b>2303</b>	<b>1456</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>107</b>	<b>7501</b>
	2016	9	4139	853	1476	3	0	117	6597
	2017	6	4905	1237	1996	5	0	-23	8126
	2018	34	3660	1000	2497	8	0	270	7469
	2019	46	3562	1200	3497	12	0	163	8479
	<b>2020</b>	<b>61</b>	<b>2942</b>	<b>1400</b>	<b>4994</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>157</b>	<b>9574</b>
	2025	55	3401	1750	6127	40	<b>213</b>	102	11688
	<b>2030</b>	<b>50</b>	<b>3060</b>	<b>2046</b>	<b>6407</b>	<b>69</b>	<b>213</b>	<b>118</b>	<b>11963</b>
	2035	38	2571	1743	5314	94	450	122	10332
	<b>2040</b>	<b>29</b>	<b>1170</b>	<b>1545</b>	<b>4333</b>	<b>130</b>	<b>650</b>	<b>79</b>	<b>7937</b>
	2045	20	520	906	3334	140	825	63	5808
	<b>2050</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>710</b>	<b>600</b>	<b>110</b>	<b>750</b>	<b>33</b>	<b>2212</b>
	2055	5	-200	300	889	0	500	16	1510
	<b>2060</b>	<b>1</b>	<b>-300</b>	<b>350</b>	<b>1630</b>	<b>0</b>	<b>300</b>	<b>17</b>	<b>1998</b>
	<b>Mittelwert 2000 - 2017</b>	<b>45</b>	<b>2697</b>	<b>317</b>	<b>2541</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>400</b>	<b>6003</b>
	<b>Mittelwert 2018-2030</b>	<b>53</b>	<b>3398</b>	<b>1623</b>	<b>5558</b>	<b>34</b>	<b>163</b>	<b>124</b>	<b>10954</b>
	<b>Mittelwert 2031-2060</b>	<b>21</b>	<b>964</b>	<b>983</b>	<b>3179</b>	<b>78</b>	<b>592</b>	<b>67</b>	<b>5883</b>



E) Vergleich der Szenarien: TREND-18; KLIMA-18 PLAN; KLIMA-18 OPT

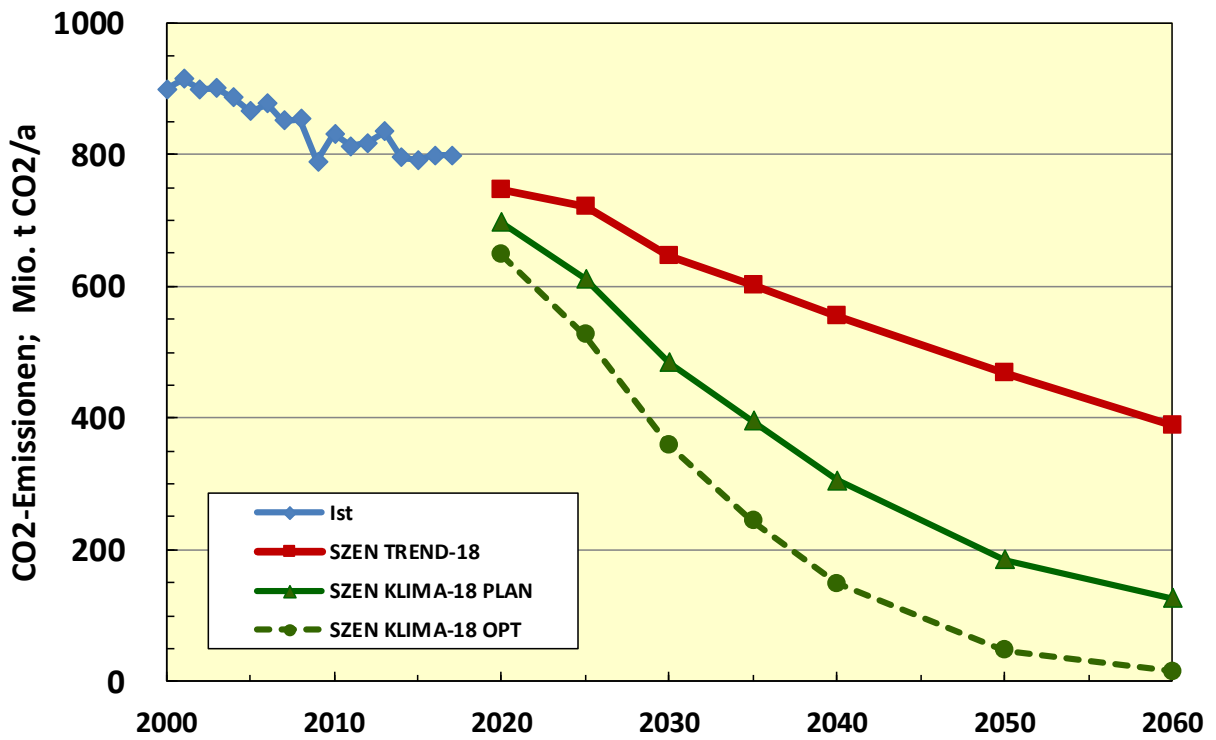


Abbildung E 1: Energiebedingte CO2-Emissionen (einschl. Industrieprozesse)

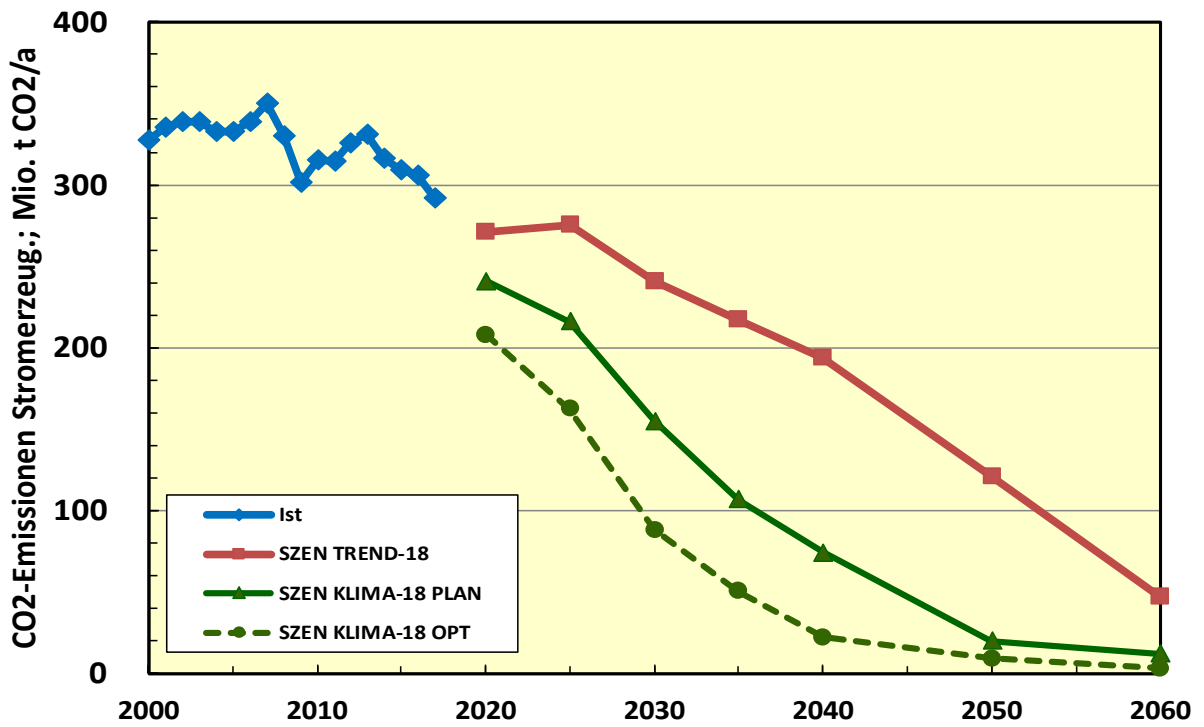


Abbildung E 2: CO2-Emissionen der Stromerzeugung

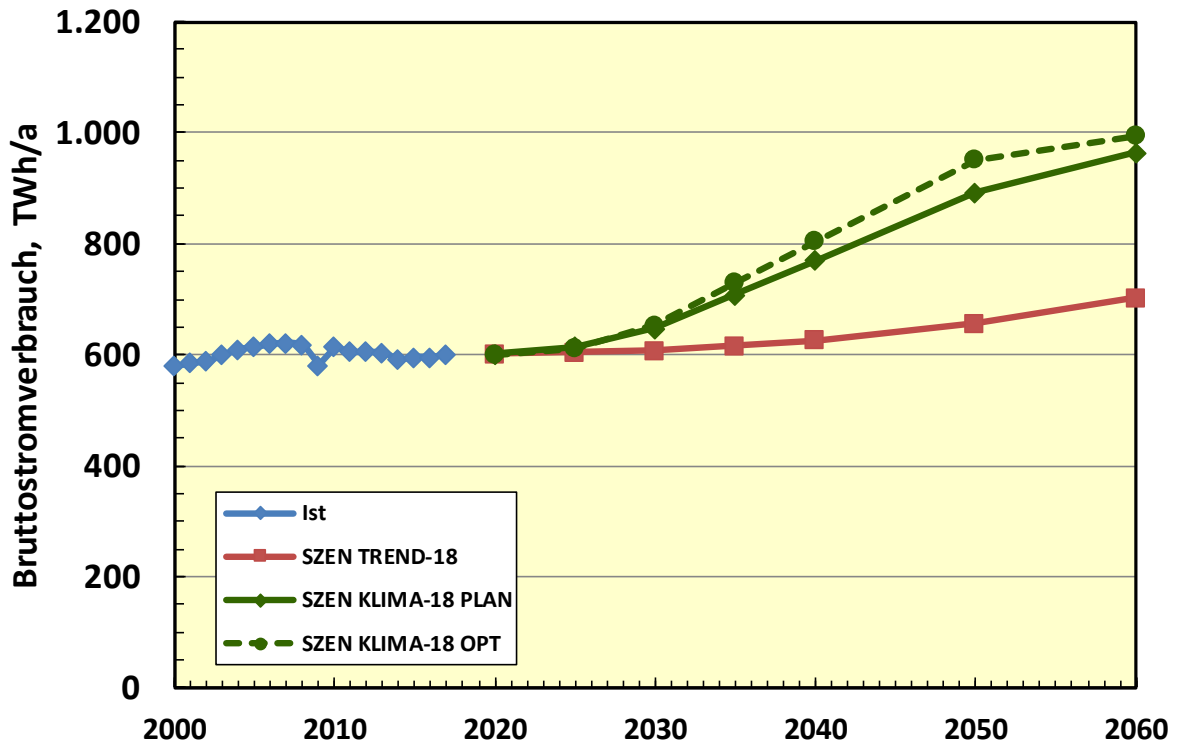


Abbildung E 3: Entwicklung des Bruttostromverbrauchs

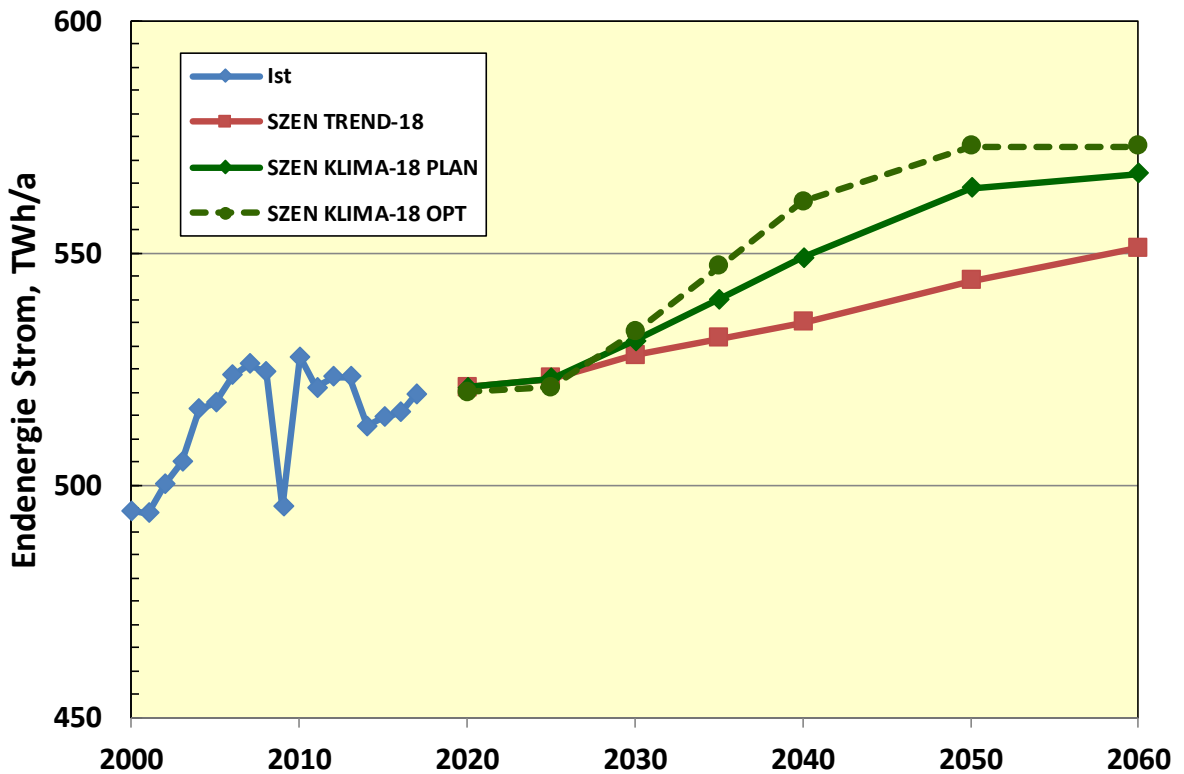


Abbildung E 4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs Strom (unterdrückter Nullpunkt)

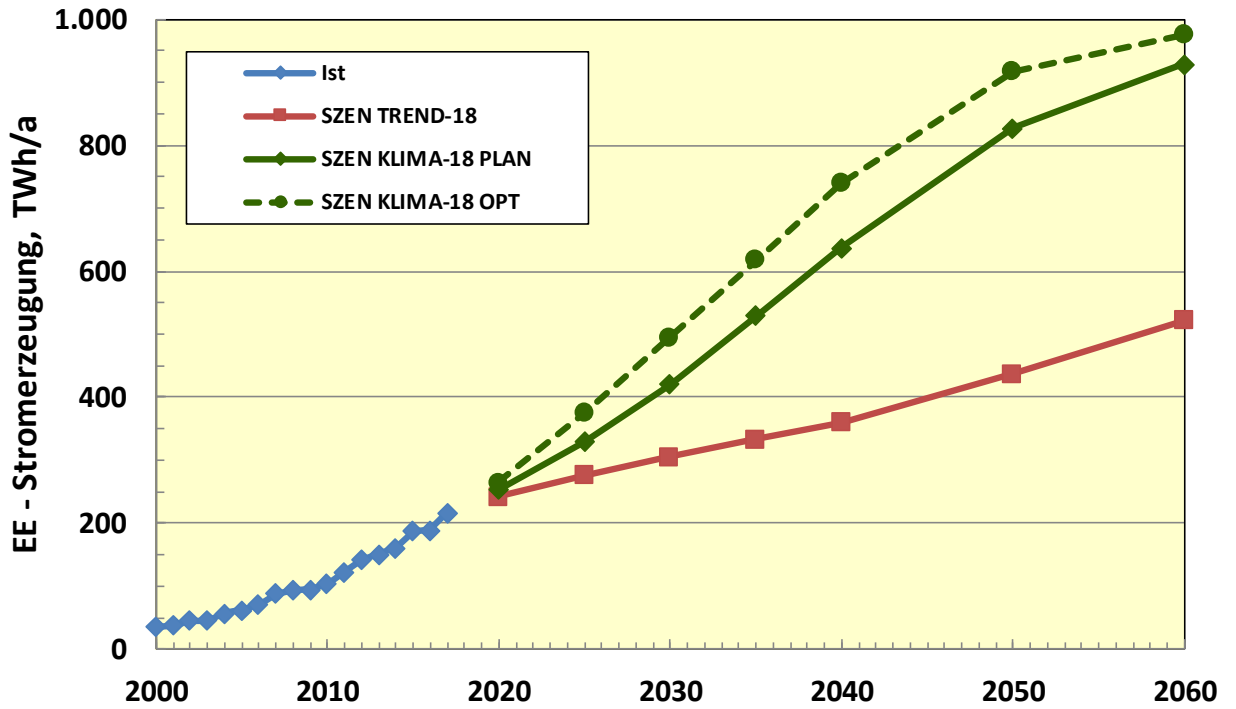


Abbildung E 5: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

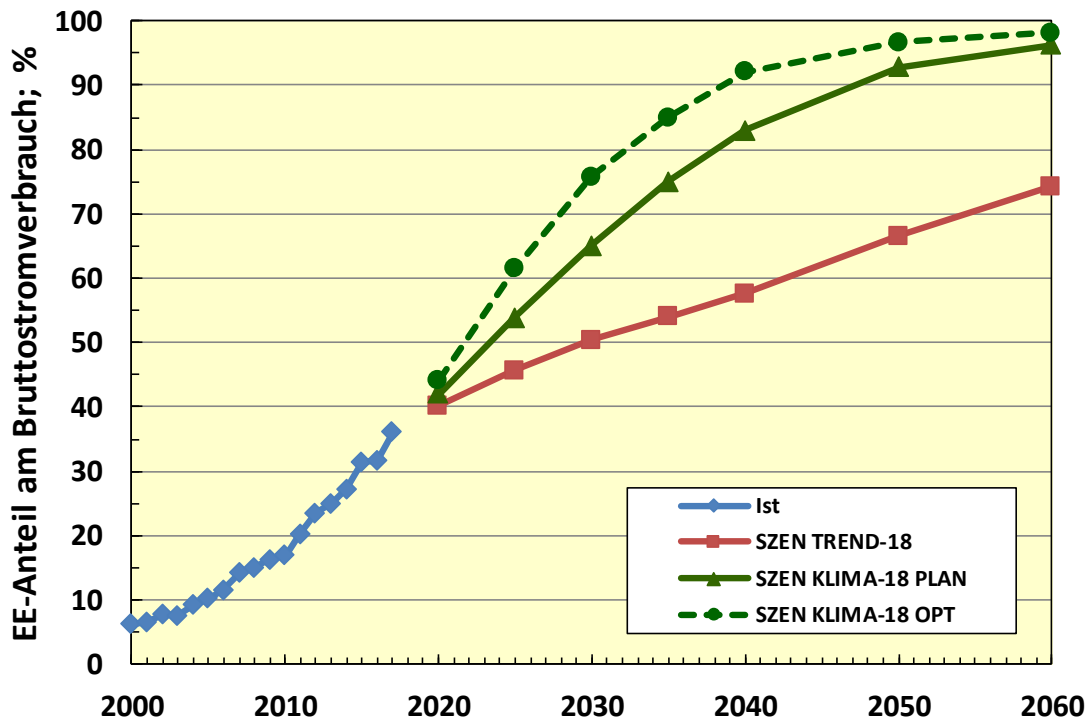


Abbildung E 6: EE-Anteil am Bruttostromverbrauch

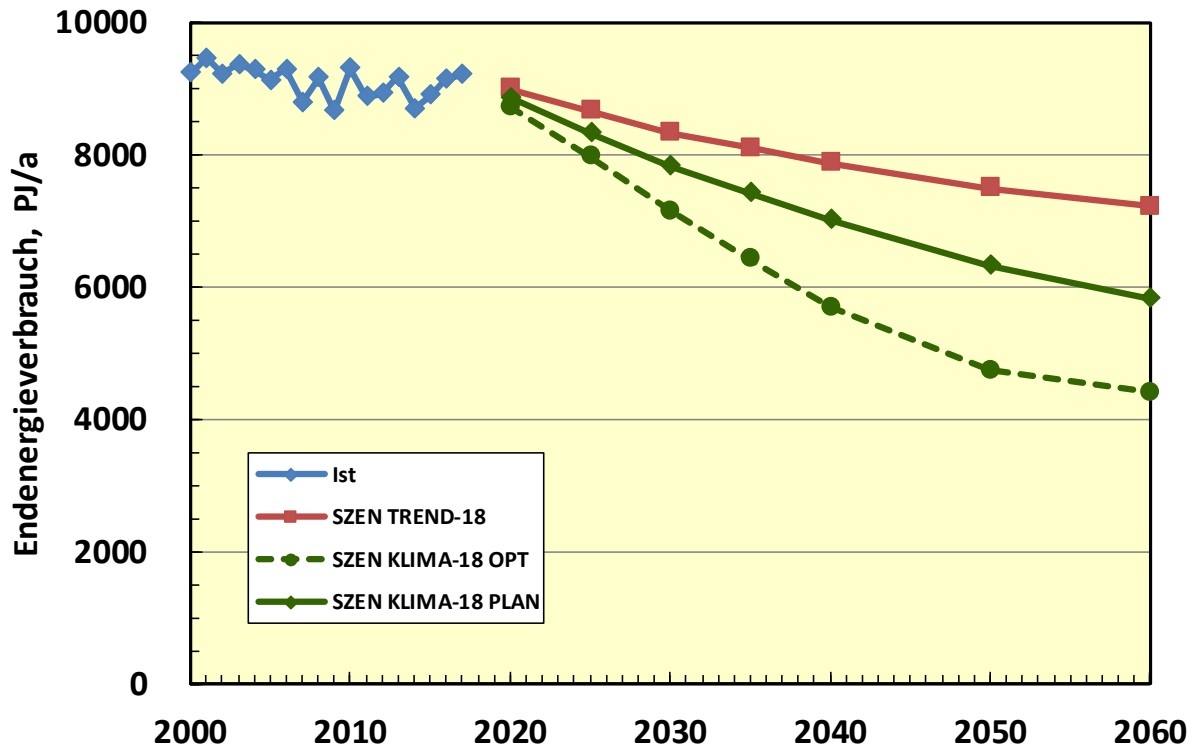


Abbildung E 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs

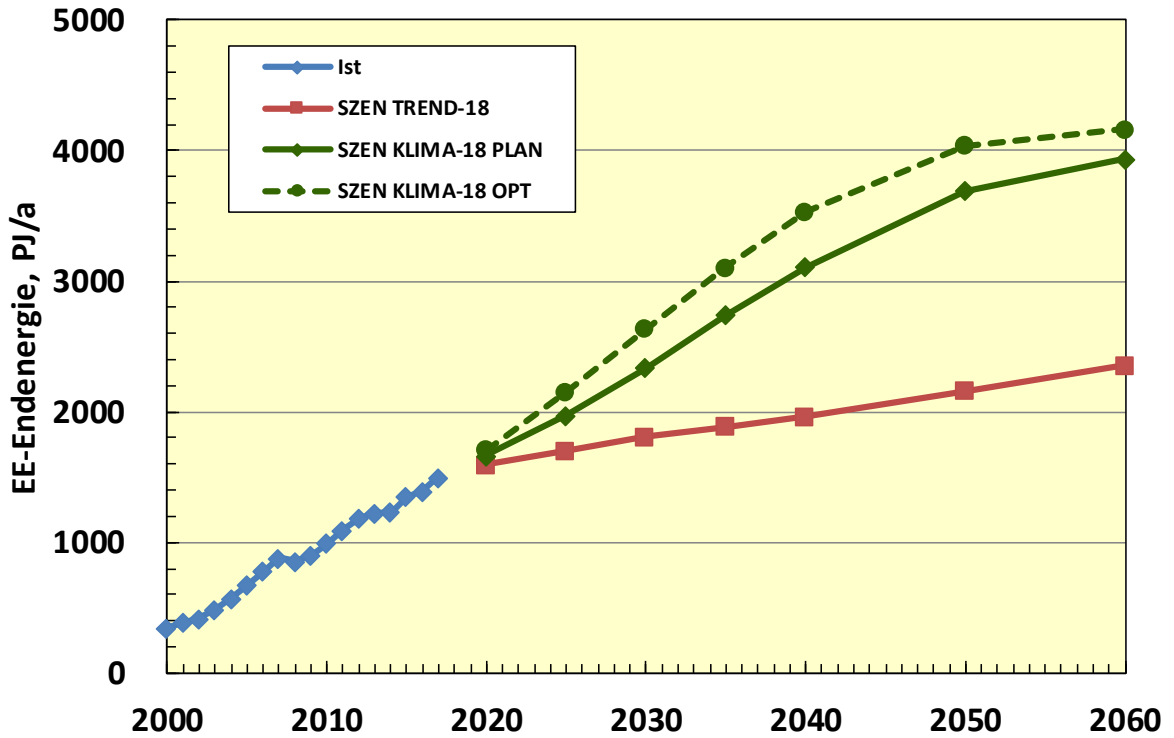


Abbildung E 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs erneuerbarer Energien

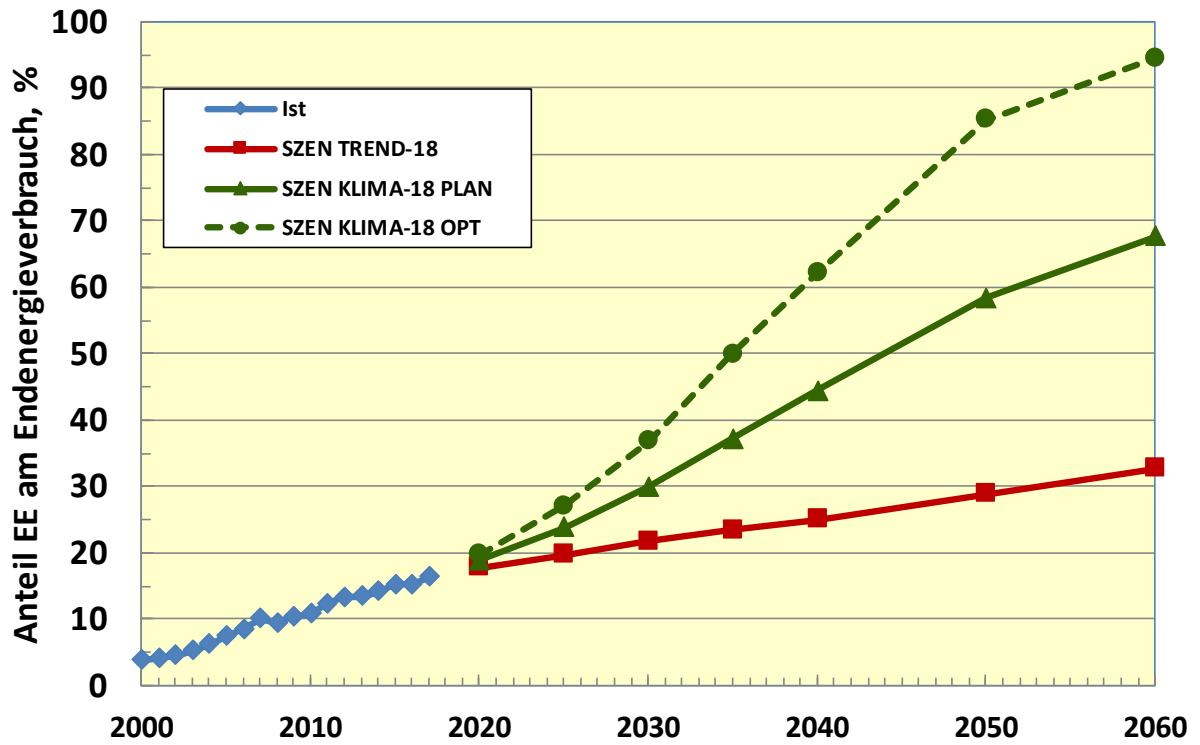


Abbildung E 8: EE-Anteil am gesamten Endenergieverbrauch

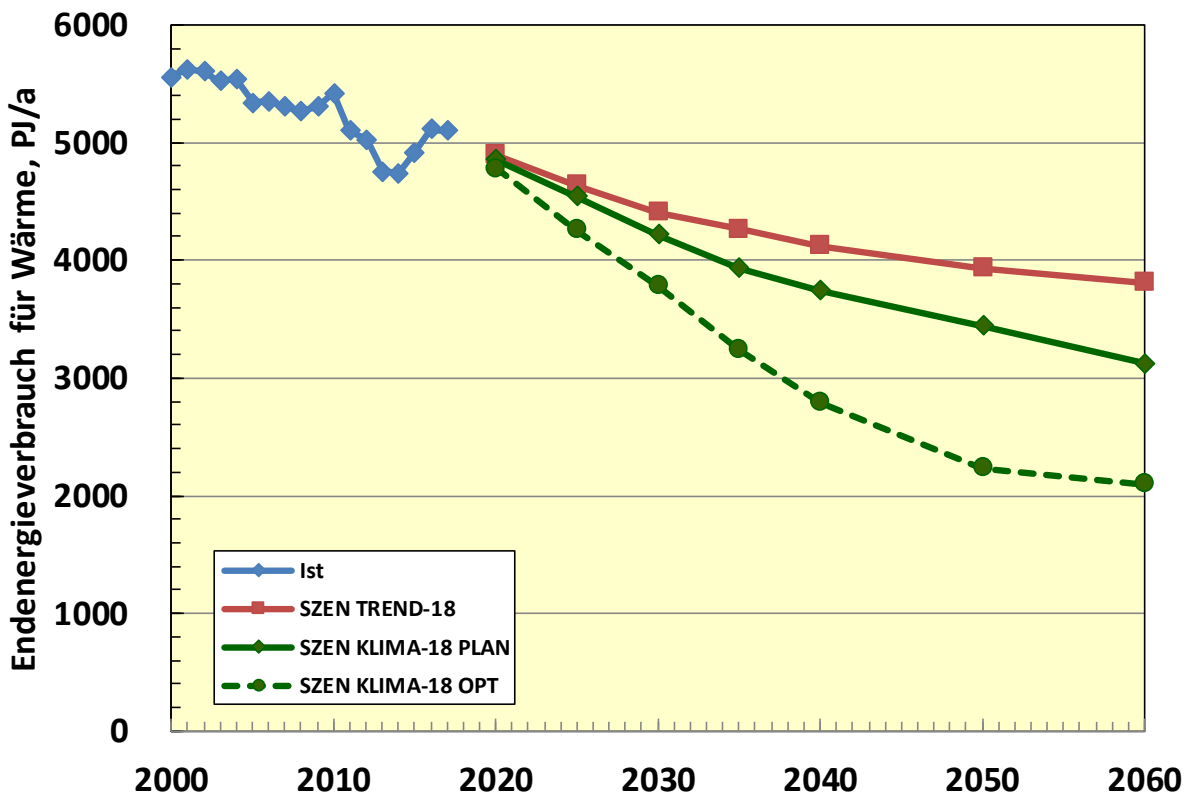


Abbildung E 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärmezwecke

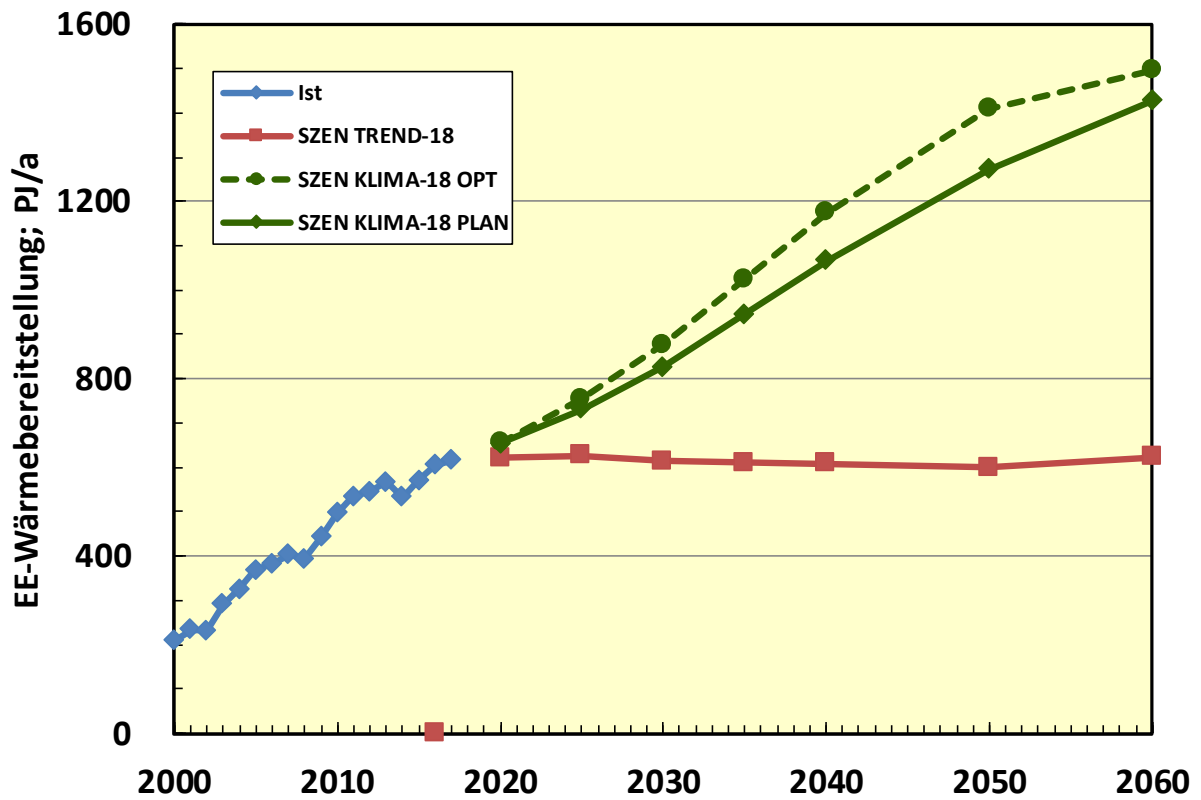


Abbildung E 10: EE-Anteil an der Wärmebereitstellung (ohne Wärmeanteil durch EE-Strom)

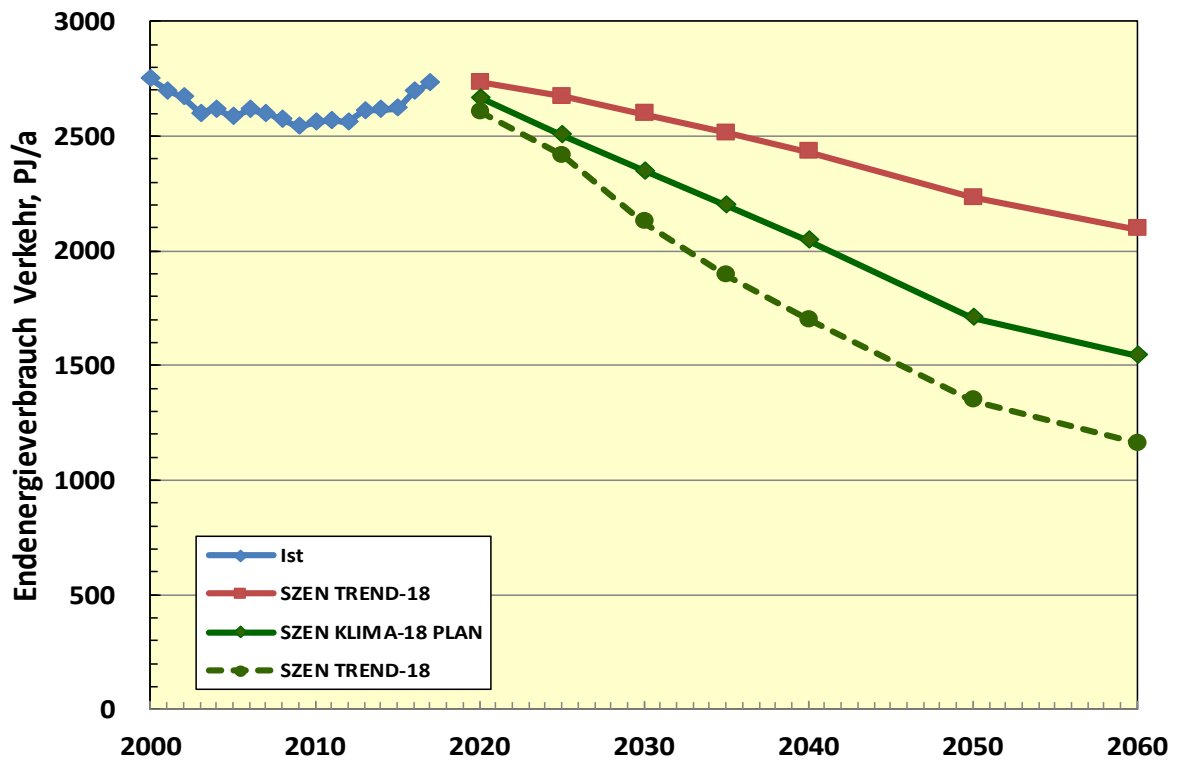


Abbildung E 11: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehr

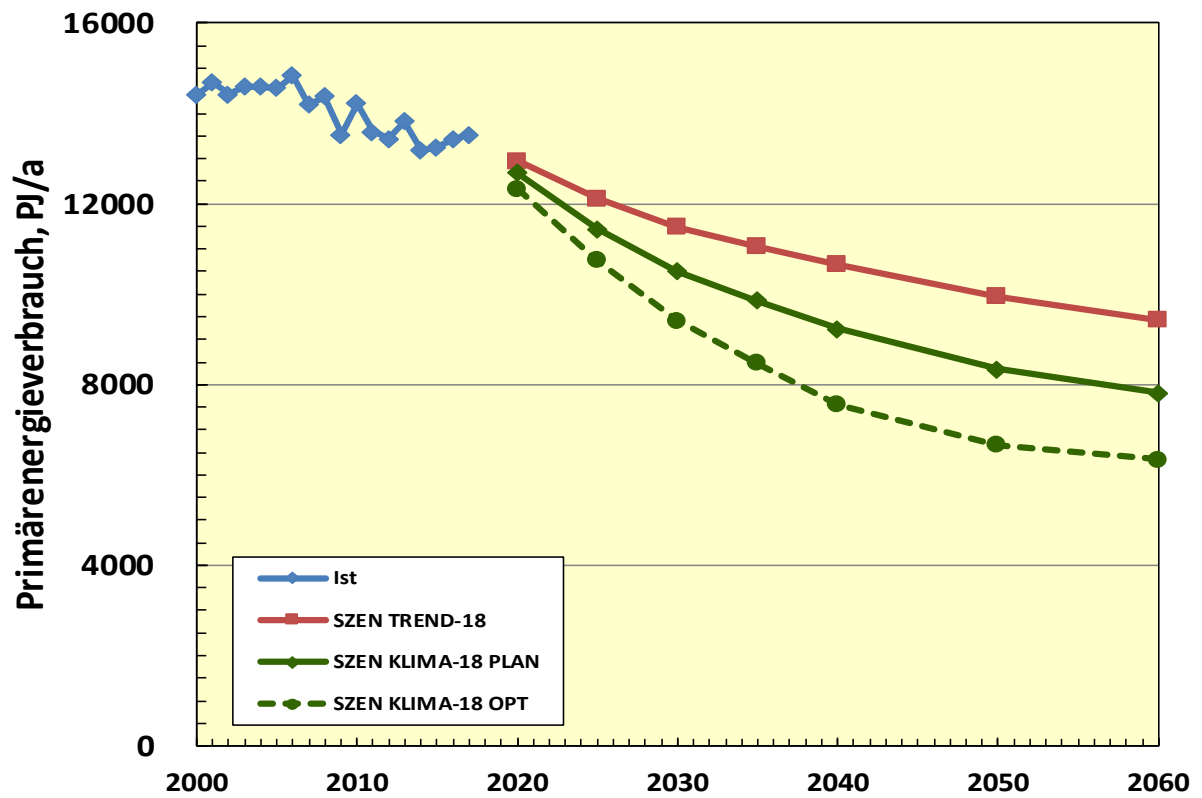


Abbildung E 12: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs

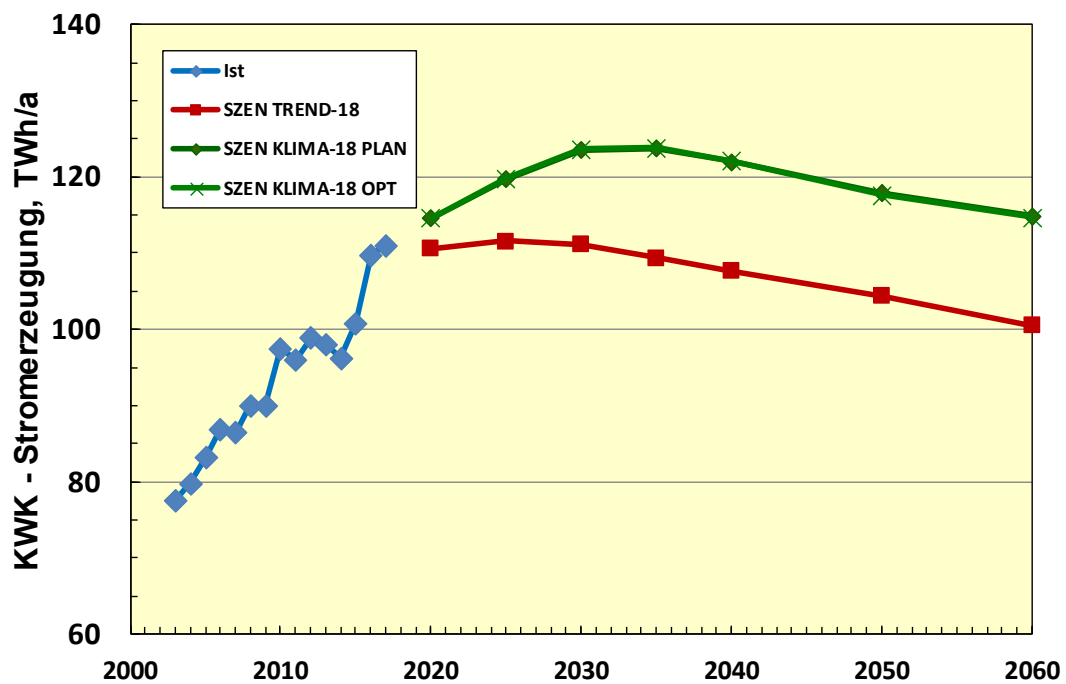


Abbildung E 13: Entwicklung der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen

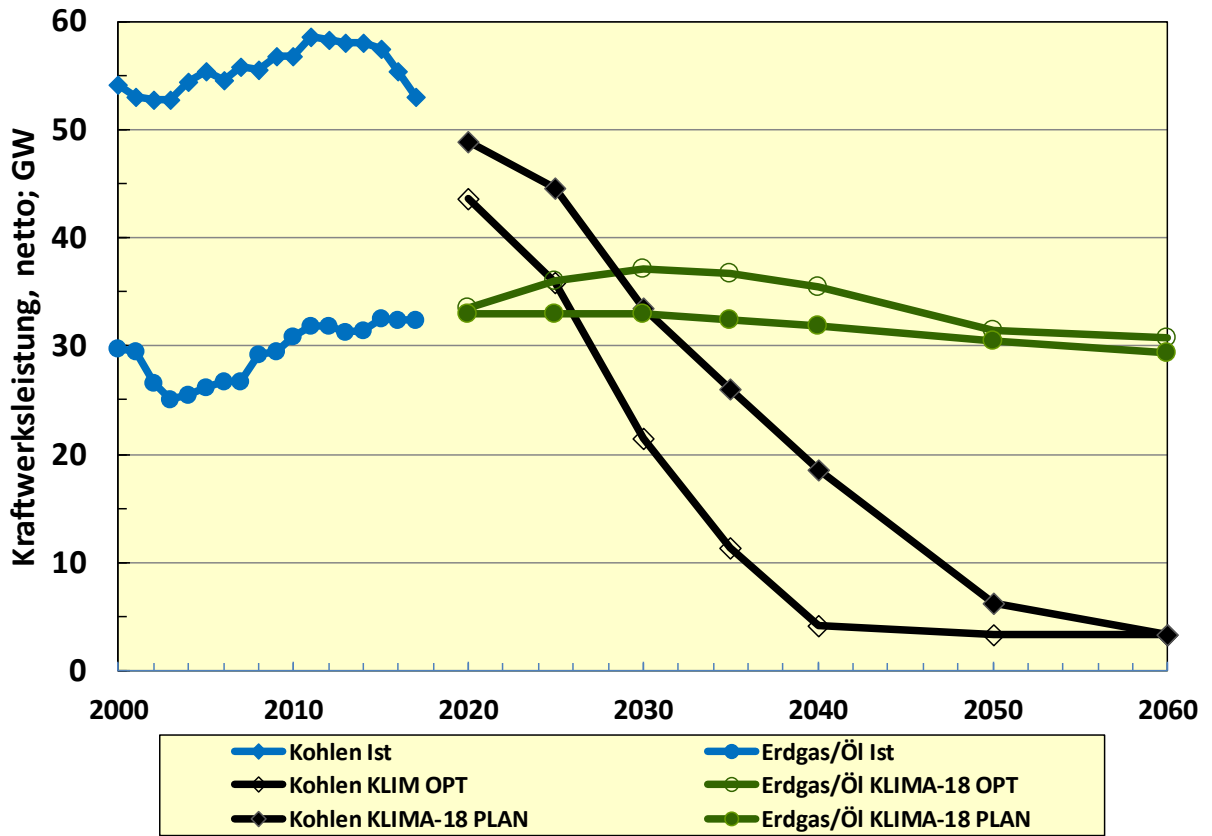


Abbildung E 14: Kraftwerksleistung Kohlen (einschl. Müll-HKW) und Erdgas/Öl (einschl. EE-Wasserstoff) in den Szenarien KLIMA-18 PLAN und KLIMA-18 OPT