

Kurzstudie:

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG- Emissionen des deutschen Strom- mix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050

Bericht für die HEA - Fachgemeinschaft für
effiziente Energieanwendung e.V.

vorgelegt von

Uwe R. Fritsche
Hans-Werner Greß

Wissenschaftliche Leitung:

Uwe R. Fritsche uf@iinas.org

Kaufmännische Leitung:

Thomas Stetz ts@iinas.org

Büro Darmstadt:

Heidelberger Straße 129 ½
64285 Darmstadt

t (06151) 850-6077

f (06151) 850-6080

Büro Berlin:

Marienstr.19-20
10117 Berlin

t (030) 28482-190

info@iinas.org

Wissenschaftlicher Beirat:

Joseph Alcamo, CESR (DE)
Suani Coelho, CENBIO (BR)
Teresa Pinto Correia, ICAAM (PT)
Maria Curt, UPM (ES)
Marina Fischer-Kowalski, IFF (AT)
Bundit Fungtammasan, JGSEE KMUTT (TH)
Alan Hecht, EPA (US)
Eva Heiskanen, NCRC (FI)
Alois Heißenhuber, TU München (DE)
Edgar Hertwich, NTNU (NO)
Jorge Hilbert, INTA (AR)
Tetsunari Iada, ISEP (JP)
Thomas B. Johansson, Lund Univ. (SE)
Lev Nedorezov, INENKO RAS (RU)
Martina Schäfer, ZTG TU Berlin (DE)
Udo Simonis, WZB (DE)
Ralph Sims, Massey University (NZ)
Leena Srivastava, TERI University (IN)
Helen Watson, UKZN (ZA)
Sir Robert Watson, Tyndall Centre (UK)

Bankverbindung

Volksbank eG Darmstadt
IBAN DE54508900000055548609
BIC GENODEF1VBD

Handelsregister

HRB 90827
Amtsgericht Darmstadt

USt.-ID gem. § 27a UStG

DE 282876833

www.iinas.org

Darmstadt, September 2019

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ii
Tabellenverzeichnis	ii
Abkürzungsverzeichnis	iii
1 Einführung	1
2 Recherche der Basisdaten	1
3 Bilanzierung des KEV und der THG-Emissionen.....	6
4 Ergebnisdiskussion und Ausblick	7
4.1 Ergebnisdiskussion für 2018	7
4.2 Ausblick auf 2020 bis 2050.....	7
4.3 Sensitivität der Ergebnisse	11
Literatur	12
Anhang: Methodische Hinweise zur Bilanzierung.....	A-1
A-1 Systemgrenzen der Bilanzierung.....	A-1
A-2 Anwendungsbereich („scope“)	A-2
A-3 Allokation	A-3
A-4 KEV und KEA.....	A-3
A-5 Komponenten des KEV.....	A-4
A-6 KEV- und THG-Bilanzierung und Stromkennzeichnung....	A-4
Literatur zum Anhang	A-5

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	KEV und THG-Emissionen von Strom bei Abgabe aus dem lokalen Netz für 2010-2018 (nach Statistik) sowie 2020 bis 2050 (Szenarien)	9
Bild 2	KEV und THG-Emissionen von Strom bei Abgabe aus dem Kraftwerkspark (ohne Netz- und Verteilverluste) für 2010-2018 (nach Statistik) sowie 2020 bis 2050 (Szenarien)	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung 2010-2018 und Projektionen für 2020 bis 2050	2
Tabelle 2	Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung im Projektionsjahr 2020 nach IINAS und KS95	4
Tabelle 3	KEV und THG-Emissionen von Strom in 2010-2018.....	6
Tabelle 4	KEV und THG-Emissionen von Strom für 2020 bis 2050.....	7
Tabelle 5	KEV und THG-Emissionen von Stromerzeugungsoptionen in 2020....	11

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AKW	Atomkraftwerk
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Block-Heizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
EC	European Commission
EEG	Erneuerbares-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GuD	Gas- und Dampfturbine (Kombi-Kraftwerk)
HEA	Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V.
HKW	Heizkraftwerk
IEA	Internationale Energie-Agentur
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien
KEV	kumulierter Energie-Verbrauch
KEV _{NE}	nichtererneuerbarer kumulierter Energie-Verbrauch
KEV _{RE}	erneuerbarer (regenerativer) kumulierter Energie-Verbrauch
KW	Kraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	MegaWatt
ORC	Organic Rankine Cycle
PV	Photovoltaik
RE	Regenerative (erneuerbare) Energien
SK	Deutscher Steinkohle-Verband
THG	Treibhausgase
UN	United Nations (Vereinte Nationen)

1 Einführung

Die HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. beauftragte IINAS mit einer Kurzstudie zu Daten über den kumulierten Energieverbrauch (KEV) des Mix zur Stromerzeugung in Deutschland im **Jahr 2018** sowie **Ausblicke für 2020 bis 2050** (Szenarien). Parallel wurden die Emissionen an Treibhausgasen (THG) ermittelt. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Kurzstudie zusammen und aktualisiert Ergebnisse vorheriger Arbeiten¹.

Die Bilanzierungen erfolgten mit dem Computermodell GEMIS Version 5.0, das kostenlos erhältlich ist und alle Basisdaten enthält². GEMIS ermittelt auf Basis von Lebenswegdaten für Energie-, Stoff- und Transportsysteme die Umwelteffekte unter Einbeziehung vorgelagerter Prozesse im In- und Ausland sowie Herstellungsaufwände für die Prozesse.

Alle Kenndaten, mit denen in diesem Papier gerechnet wurde, stehen in GEMIS für alle Nutzer vollständig transparent zur Verfügung. Damit können auch hier nicht dargestellte Umwelteffekte und Ressourcennutzungen sowie Kosten- und Beschäftigungseffekte eigenständig bilanziert und Detailanalysen zu den hier vorgestellten Ergebnissen durchgeführt werden.

2 Recherche der Basisdaten

Als Grundlage der Arbeiten wurden die zur Bilanzierung des nichterneuerbaren Energieverbrauchs notwendigen Basisdaten zum deutschen nationalen Stromerzeugungsmix des Jahres 2018 auf Basis von Statistiken recherchiert und Anteile der Kraftwerkstypen (nach Brennstoffen), die Entwicklung der Nutzungsgrade sowie der Vorketten ermittelt.

Wie in früheren Berechnungen (IINAS 2012-2018a+b) wurden dabei aktualisierte statistische Grundlagen verwendet (u.a. AGEB 2019a; BAFA 2019; BMWi 2019).

Die daraus resultierenden Stromerzeugungsmixe sowie die Projektionen für 2020 bis 2050 (Szenarien) zeigt die folgende Tabelle.

¹ Siehe dazu IINAS (2018b) für die Werte von 2017, IINAS (2018a) für die Werte von 2016 sowie IINAS (2016) für die Werte des Jahres 2015 und davor.

² GEMIS = Globales Emissions-Modell integrierter Systeme; Bezug über www.gemis.de

Tabelle 1 Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung 2010-2018 und Projektionen für 2020 bis 2050

Stromerzeugung [TWh] aus	Statistische Daten					Szenario-Daten KS95		
	2010	2015	2016	2017	2018	2020*	2030	2050
AKW	140,6	91,8	84,6	76,3	76,1	63,0	0,0	0,0
Braunkohle	145,9	154,5	149,5	148,4	146,0	100,0	5,0	0,0
Steinkohle	117,0	117,7	112,2	93,6	83,0	60,0	30,4	0,0
Erdgas	89,3	62,0	81,3	86,7	83,0	90,0	93,3	13,1
Öl	8,7	6,2	5,8	5,6	5,2	5,0	0,5	0,0
Wasserkraft	21,0	19,0	20,5	20,2	16,9	19,0	23,1	24,7
Windkraft onshore	37,6	71,4	67,6	87,9	93,7	100,0	153,9	389,8
Windkraft offshore	0,2	7,8	12,5	17,7	19,6	30,0	51,0	180,0
Solar-PV	11,7	38,7	38,1	39,4	46,3	50,0	66,1	123,4
Geothermie	0,03	0,13	0,16	0,16	0,17	0,2	4,2	12,3
Biomasse	29,6	44,6	45,0	45,0	45,7	46,0	24,2	3,8
Hausmüll**	4,7	5,8	5,9	6,0	6,3	6,3	5,3	3,6
andere***	20,4	21,5	21,9	21,0	26,9	25,0	6,9	0,7
Summe****	626	641	645	648	649	595	464	751

*= aktualisiert durch IINAS; **= biogener Anteil; ***= inkl. Gicht-/Kokereigas, nicht-biogener Hausmüll; ****= ohne Pumpstrom; Werte gerundet, dadurch geringe Abweichungen in der Summenbildung

Quelle: AGEB (2019), BMWi (2019) und UBA (2019) für 2010-2018; für 2020 eigene Abschätzung von IINAS, für 2030 bis 2050: ÖKO & ISI (2015)

Die Struktur der Stromerzeugung hat in GEMIS eine **höhere Auflösung** als in Tabelle 1 dargestellt, da das Modell für Stromerzeugungsprozesse die verschiedenen Brennstoffe (z.B. ost-/westdeutsche Braunkohle) bzw. Technologietypen (z.B. Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke) abbildet und für Brennstoff-Vorketten (Lebenswege) auch Energie**importmixe** berücksichtigt.

Daher wurden die Daten aus Tabelle 1 auf Grundlage von Sekundärstatistiken³ auf die zur Definition der Stromerzeugung detaillierteren Zuordnungen zu Kraftwerkstypen in GEMIS umgerechnet.

³ Vgl. BAFA (2019) und SK (2019).

Ergänzend wurden, wie schon in IINAS (2018a+b) dargestellt, **Projektionen zur Stromerzeugung** von 2020 bis 2050 berechnet, die auf dem Szenario „KS95“ (ÖKO & ISI 2015) zum Klimaschutzplan der Bundesregierung beruhen, das eine sehr anspruchsvolle THG-Reduktion (95% bis 2050 ggü. 1990) als Ziel verfolgt.

Dabei ist zu beachten, dass die mögliche Entwicklung von 2020 bis 2050 durch **starke Unsicherheiten** geprägt ist:

Einerseits hat die Bundesregierung die EEG-Ausbaukorridore für erneuerbare Energien **eingengt**, was derzeit in Bezug auf Solar- und Windenergie kritisch hinterfragt wird. Andererseits kann die sog. Sektorkopplung längerfristig zu erheblich **höheren Strombedarfen** führen⁴ und der geplante Kohleausstieg bis 2038 erfordert **zusätzliche** (erneuerbare) **Ersatzkapazitäten** schon in 2030.

Das hier zugrunde gelegte Szenario KS95 bildet die **langfristige** Erreichung der Klimaschutz-Vorgaben (Paris, 2 °C-Ziel) und die Dekarbonisierung des Stromsektors ab, was einerseits höhere Anteile an Erneuerbaren erfordert und andererseits höhere Effizienz auf der Nachfrageseite.

Bis 2020 unterstellt das KS95-Szenario bereits sehr erhebliche Anstrengungen zur effizienteren Stromnutzung sowie sehr starke Reduktionen des Kohleeeinsatzes. Eingedenk der **realen Entwicklung** (statistisch erfasst bis 2018) und vorliegenden Daten für das 1. Halbjahr 2019 ist es jedoch mittlerweile unrealistisch, eine Entwicklung wie in KS95 für das Jahr 2020 anzunehmen:

Der Stromverbrauch stagniert bzw. war im 1. Halbjahr 2019 gegenüber 2018 leicht rückläufig (DESTATIS 2019) und der Kohleeeinsatz in Kraftwerken ging ebenfalls weiter zurück (AGEB 2019b) – beides aber nicht in dem Maße, wie es das KS95-Szenario für 2020 ansetzte.

Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie eine **Anpassung des KS95-Szenarios für 2020** vorgenommen, die einerseits den vorstehend genannten realen Entwicklungen Rechnung trägt und andererseits die „Anschlussfähigkeit“ an die – hier unverändert übernommenen - KS95-Szenariojahre 2030 und 2050 sicherstellt.

Die erste Anpassung betrifft die Stromerzeugung: Hier wurde ein – auch konjunkturbedingt – gegenüber 2018 weiterer leichter Rückgang angesetzt und ein geringerer Stromexport, was insgesamt zu einer Senkung um knapp 10% führt.

⁴ Unter den Stichworten „Power-to-Gas“ (PtG) und „Power-to-Liquids“ (PtL) wird zunehmend über die Nutzung von erneuerbarem „Überschussstrom“ zur Bereitstellung von erneuerbaren gasförmigen (PtG) und flüssigen (PtL) Energieträgern diskutiert. Zur Sektorkopplung, bei der solche „Power-to-anything“ (PtX)-Optionen im Wärmemarkt sowie im Verkehrssektor als nutzbar angesehen werden und die erheblich höhere Strombedarfe impliziert, siehe Quaschnig (2016). Bei steigendem PtX-Einsatz treten signifikante Umwandlungs- und Speicherverluste auf, die die notwendige Bruttostromerzeugung erhöhen.

Die in Tabelle 1, Spalte „2020“ gezeigte Anpassung des KS95-Szenarios für 2020 durch IINAS ließ die nukleare Stromerzeugung gegenüber dem Original-Szenario gleich. Änderungen wurden hinsichtlich der Gesamtstromerzeugung vorgenommen (595 TWh statt 500 TWh), sowie im Stromerzeugungsmix.

Die folgende Tabelle zeigt die Unterschiede zwischen dem Original-Szenario KS95 für 2020 und den geänderten Daten von IINAS.

Tabelle 2 Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung im Projektionsjahr 2020 nach IINAS und KS95

Erzeugung [TWh]	Szenario-Daten 2020		Vergleich		Strommix 2020	
	IINAS	KS95	absolut	relativ	IINAS	KS95
AKW	63,0	63,0	0,0	0%	10,6%	12,6%
Braunkohle	100,0	72,9	+27,1	+37%	16,8%	14,6%
Steinkohle	60,0	55,6	+4,4	+8%	10,1%	11,1%
Erdgas	90,0	62,4	+27,6	+44%	15,1%	12,5%
Öl	5,0	2,9	+2,1	+72%	0,8%	0,6%
Wasserkraft	19,0	21,9	-2,9	-13%	3,2%	4,4%
Windkraft onshore	100,0	99,7	+0,3	0%	16,8%	19,9%
Windkraft offshore	30,0	25,8	+4,2	+16%	5,0%	5,2%
Solar-PV	50,0	45,3	+4,7	+10%	8,4%	9,1%
Geothermie	0,2	1,1	-0,9	-82%	0,0%	0,2%
Biomasse	46,0	33,3	+12,7	+38%	7,7%	6,7%
Hausmüll*	6,3	6,1	+0,2	+3%	1,1%	1,2%
andere**	25,0	10,0	+15,0	+150%	4,2%	2,0%
Summe***	595	500	+94,5	+19%		

*= biogener Anteil; **= inkl. Gicht-/Kokereigas, nicht-biogener Hausmüll; ***= ohne Pumpstrom; Werte gerundet, dadurch geringe Abweichungen in der Summenbildung

Quelle: eigene Berechnungen von IINAS

Die stärksten absoluten Unterschiede im angenommenen Stromerzeugungsmix für 2020 zeigen sich bei der Braunkohle⁵ und Erdgas⁶.

Der **Mix** der Stromerzeugung ändert sich jedoch nur geringfügig (vgl. die letzten beiden Spalten in Tabelle 2).

⁵ Die von IINAS angenommene Reduktion von 146 TWh im Jahr 2018 auf 100 TWh in Jahr 2020 (d.h. um knapp 1/3) berücksichtigt die bekannten Stilllegungspläne und Überführung von Kraftwerken in die Kaltreserve, gilt jedoch vorbehaltlich der Regelungen im von der Bundesregierung für Ende Oktober 2019 angekündigten Kohle-Ausstiegsgesetz. Die in KS95 für 2020 angenommene Reduktion auf nur noch 73 TWh (d.h. um knapp 50% ggü. 2018) erscheint dagegen unrealistisch, da die Kohlekommission der Bundesregierung einen eher „langsamen“ Ausstieg aus der Braunkohle bis 2038 vorsieht (WSB 2019).

⁶ Die von IINAS angenommene höhere Erzeugung beruht auf der relativ höheren Wirtschaftlichkeit durch die gestiegenen CO₂-Zertifikatspreise im Europäischen Emissionshandel und die für Kraftwerke günstigen Erdgaspreise, die im KS95-Szenario jeweils ungünstiger angenommen waren.

Das KS95-Szenario nimmt **von 2030 bis 2050** eine deutliche Ausweitung des Stromeinsatzes im Verkehrs- und Wärmesektor an, was zu einer wesentlich erhöhten Stromerzeugung führt – allerdings mit sehr hohen Anteilen an Erneuerbaren (vgl. Tabelle 1).

Diese Annahmen wurden hier unverändert übernommen⁷.

Es handelt sich beim hier für 2030-2050 unterlegten KS95-Szenario damit **nicht** um eine "Referenzentwicklung", sondern es unterstellt die Einhaltung eines sehr anspruchsvollen THG-Reduktionsziels bis 2050.

Ob - und wenn ja wie - dies real eintritt, ist offen – damit besteht die o.g. **Unsicherheiten** sowohl hinsichtlich des langfristigen Strommixes wie auch der Höhe der Stromnachfrage (und entsprechender Erzeugung).

Daher gibt Abschnitt 4.2 eine kurze Diskussion zur „Robustheit“ der im Abschnitt 3 dargestellten Ergebnisse.

⁷ Eine Anpassung sollte aber im Jahr 2020 erfolgen, wenn die „offizielle“ Projektion der Bundesregierung im Rahmen des endgültigen NECP sowie die Eckdaten des geplanten Kohleausstiegsgesetzes vorliegen (beides für Ende 2019 erwartet).

3 Bilanzierung des KEV und der THG-Emissionen

Die recherchierten Daten wurden in das Computermodell GEMIS (Version 5.0) eingegeben und die Lebenswege der Stromerzeugung für die Jahre bis 2017 **aktualisiert** sowie für **2018 neu** bilanziert⁸. Die Ergebnisse für die **durchschnittliche kWh Strombereitstellung** aus dem lokalen Netz sowie aus dem **Kraftwerkspark** (d.h. ohne Netz- und Verteilverluste) zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 3 KEV und THG-Emissionen von Strom in 2010-2018

Option	Kumulierter Energieverbrauch (KEV) [kWh _{primär} /kWh _{el}]		THG-Emissionen [g/kWh _{el}]	
	KEV _{NE}	KEV _{ges}	CO ₂ Äq	CO ₂
Strom lokal 2010	2,34	2,74	596	569
Strom lokal 2011	2,21	2,68	606	579
Strom lokal 2012	2,13	2,65	608	580
Strom lokal 2013	2,10	2,65	609	581
Strom lokal 2014	2,04	2,64	591	564
Strom lokal 2015	1,91	2,55	557	531
Strom lokal 2016	1,92	2,54	564	538
Strom lokal 2017	1,77	2,44	519	495
Strom lokal 2018	1,72	2,41	502	480
Kraftwerkspark 2010	2,27	2,66	582	552
Kraftwerkspark 2011	2,14	2,60	592	562
Kraftwerkspark 2012	2,06	2,57	593	563
Kraftwerkspark 2013	2,03	2,57	593	564
Kraftwerkspark 2014	1,98	2,56	576	547
Kraftwerkspark 2015	1,85	2,47	543	515
Kraftwerkspark 2016	1,86	2,47	550	522
Kraftwerkspark 2017	1,71	2,37	505	480
Kraftwerkspark 2018	1,66	2,33	489	466

KEV_{ges}= gesamter KEV; KEV_{NE} = KEV nicht-erneuerbar; CO₂-Äquivalente für GWP₁₀₀ nach IPCC (2013)

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 5.0

Die hier **aktualisierten** Daten für 2010 bis 2017 führen gegenüber früheren Ergebnissen (IINAS 2012 - 2018a+b) zu Änderungen der THG-Werte des lokalen Strommixes um rund -1%. Grund hierfür sind geringfügige Datenkorrekturen im Zuge des Updates zu GEMIS 5.0 (IINAS 2019). Die **neuen** Werte für 2018 zeigen, dass sich die Tendenz zur Senkung von KEV- und THG-Werten weiter **fortsetzt**.

⁸ **Ergänzend** werden die gegenüber einer früheren Publikation (IINAS 2018a+b) veränderten Szenariowerte für 2020 sowie die unveränderten Szenario-Werte für die Jahre 2030-2050 im Abschnitt 4.2 ausgewiesen.

4 Ergebnisdiskussion und Ausblick

4.1 Ergebnisdiskussion für 2018

Die ermittelten Daten zum **nichtererneuerbaren KEV** (KEV_{NE}) von Strom aus dem bundesdeutschen **Kraftwerkspark** (erzeugerseitig) für das Jahr 2018 liegen mit $1,66 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ deutlich niedriger als in den Jahren davor (vgl. Tabelle 3).

Für die Abgabe aus dem **lokalen Stromnetz** (verbraucherseitig) sind die Werte für den KEV_{NE} des Jahrs 2018 von $1,72 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ gegenüber den Vorjahren gleichfalls weiter gesunken.

Die gegenüber den Vorjahren geringeren Werte für 2018 ergeben sich durch steigende Anteile **erneuerbaren** Stroms, dessen KEV_{NE} **erheblich unter** dem der fossilen und nuklearen Stromerzeugung liegt (vgl. Tabelle 5 in Kapitel 4.3), sowie den weiter gesunkenen Anteil an Strom aus AKW (vgl. Tabelle 1), der vergleichsweise hohe spezifische KEV_{NE} -Werte aufweist.

Bei den THG-Emissionen ergibt sich ein ähnliches Bild: Seit 2014 sinken die Emissionen mit Ausnahme eines sehr geringen Anstiegs in 2016 (Tabelle 3).

4.2 Ausblick auf 2020 bis 2050

Nach 2018 wird sich die Umstrukturierung des deutschen Kraftwerksparks in Richtung höherer Anteile erneuerbarer und geringerer fossil/nuklearer Energien fortsetzen, so dass auch **künftig** von **weiter sinkenden** nichterneuerbaren KEV-Werten der Strombereitstellung auszugehen ist.

Die Ergebnisse des aktualisierten Szenarios für 2020 sowie der unveränderten Szenarien für 2030 und 2050 zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 4 KEV und THG-Emissionen von Strom für 2020 bis 2050

Option	Kumulierter Energieverbrauch (KEV) [$\text{kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$]		THG-Emissionen [$\text{g}/\text{kWh}_{\text{el}}$]	
	KEV_{NE}	KEV_{ges}	$\text{CO}_2\text{-Äq}$	CO_2
Strom lokal 2020*	1,47	2,23	402,9	385,8
Strom lokal 2030 - KS95	0,65	1,60	193,0	181,9
Strom lokal 2050 - KS95	0,05	1,15	21,1	19,4
Kraftwerkspark 2020*	1,42	2,16	392,0	373,9
Kraftwerkspark 2030- KS95	0,63	1,55	188,2	176,0
Kraftwerkspark 2050- KS95	0,05	1,11	20,0	18,2

*= Werte nach eigenen Szenario-Annahmen von IINAS; KEV_{NE} = KEV nicht-erneuerbar; KEV_{ges} = gesamter KEV; CO_2 -Äquivalente für GWP_{100} nach IPCC (2013)

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 5.0; Werte gegenüber IINAS (2018a+b) aktualisiert

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050

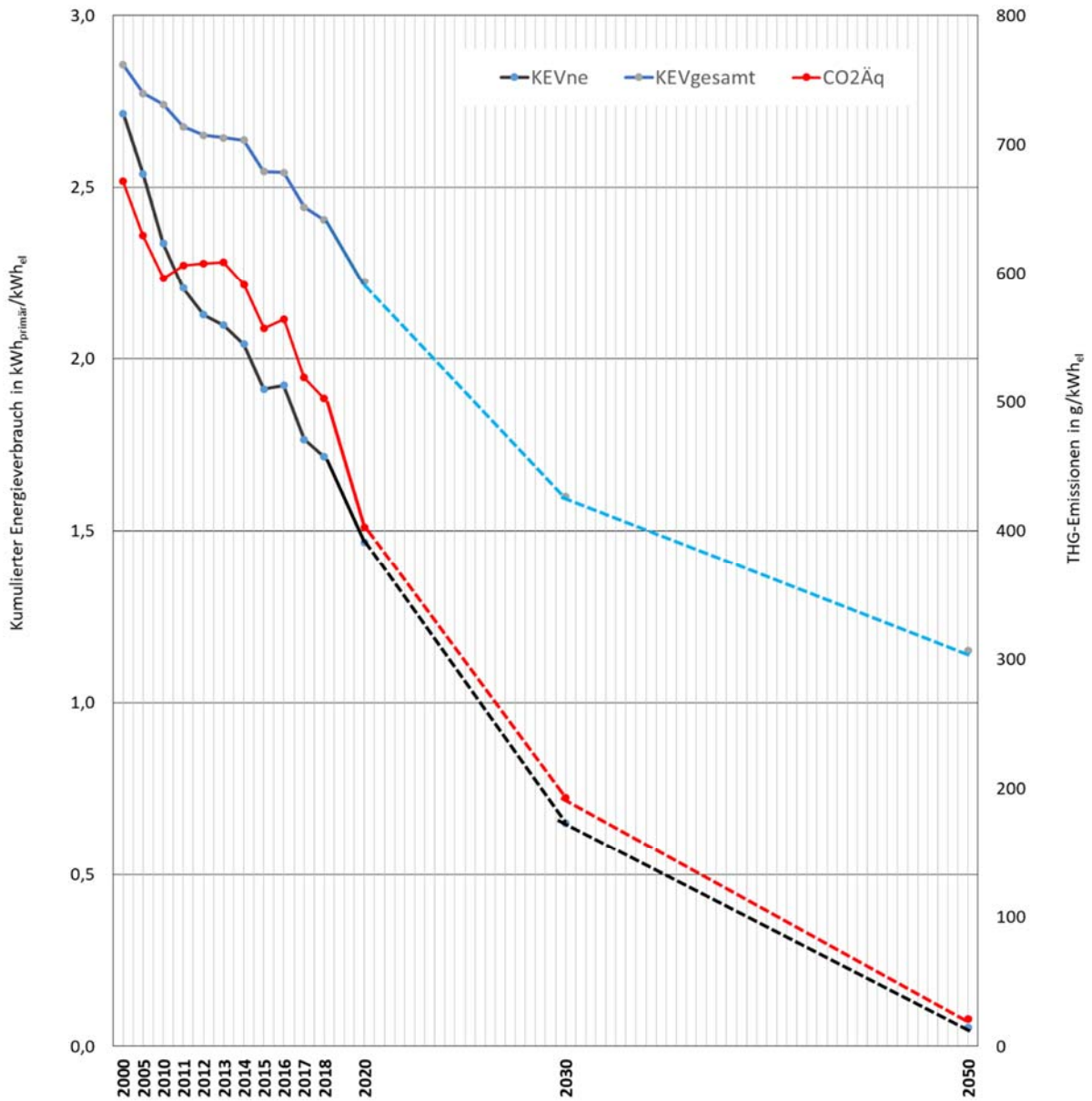
Auf Basis des **von IINAS angepassten** Szenarios für das Jahr **2020** ergeben sich **verbraucherseitig** ein KEV_{NE} von $1,47 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ sowie THG-Emissionen von $403 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$ bzw. **erzeugungsseitig** ein KEV_{NE} von $1,42 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von $392 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$.

Für **2030** ergeben sich im Szenario KS95 **verbraucherseitig** ein KEV_{NE} von $0,65 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von $193 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$, sowie **erzeugerseitig** ein KEV_{NE} von $0,63 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von $188 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$.

Für **2050** ergibt das Szenario KS95 **verbraucherseitig** ein KEV_{NE} von nur noch $0,05 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von $21 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$ sowie **erzeugerseitig** ein KEV_{NE} von $0,05 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von lediglich $20 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$.

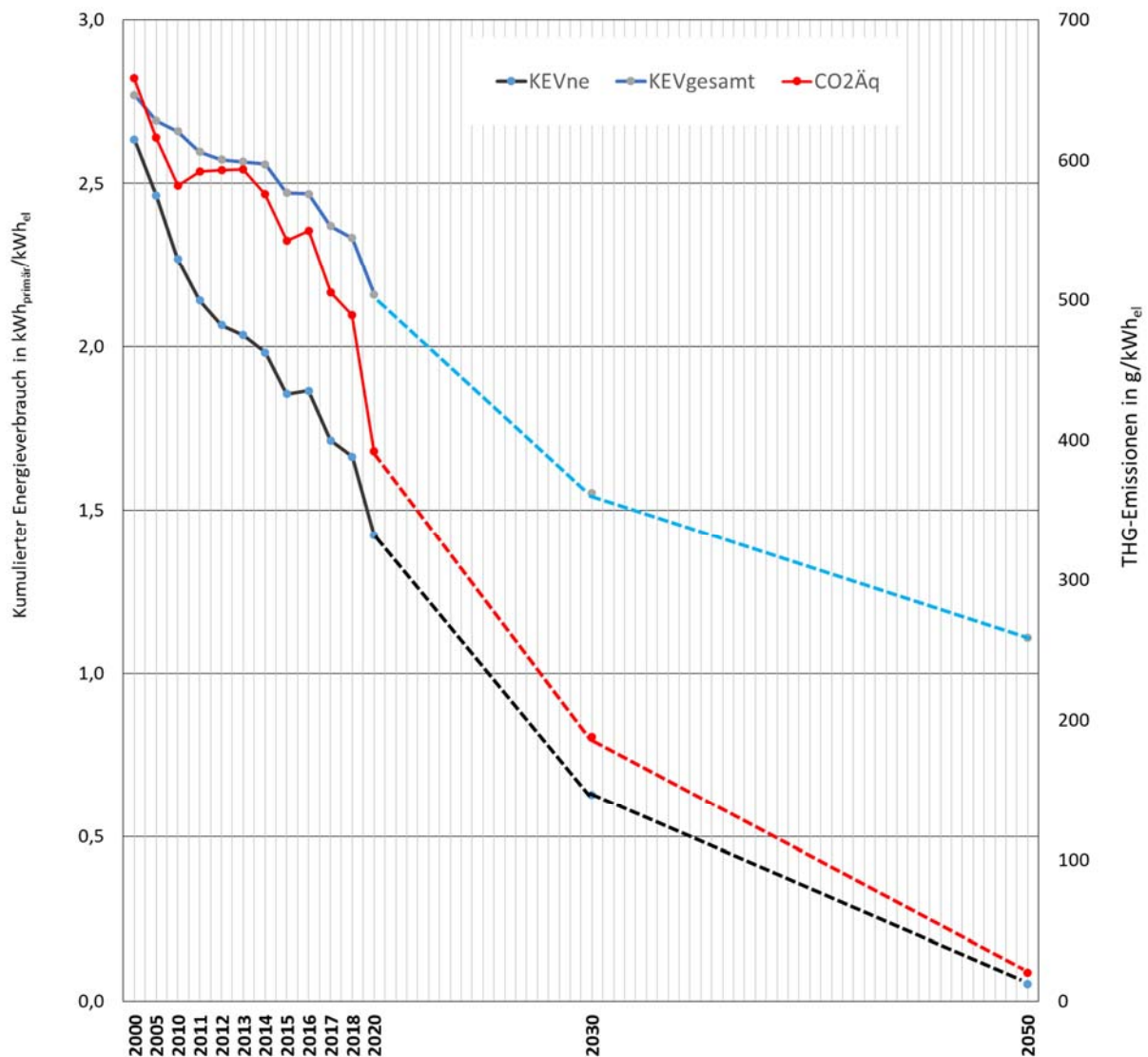
Den aktualisierten Gesamtverlauf von 2010-2018 (nach Statistik) sowie 2020 bis 2050 (Szenarien) zeigen die folgenden Abbildungen.

Bild 1 KEV und THG-Emissionen von Strom bei Abgabe aus dem lokalen Netz für 2010-2018 (nach Statistik) sowie 2020 bis 2050 (Szenarien)



Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 5.0; gestrichelte Linien = interpolierte Werte

Bild 2 KEV und THG-Emissionen von Strom bei Abgabe aus dem Kraftwerkspark (ohne Netz- und Verteilverluste) für 2010-2018 (nach Statistik) sowie 2020 bis 2050 (Szenarien)



Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 5.0; gestrichelte Linien = interpolierte Werte

Der Gesamttrend zu geringeren KEV-Werten seit 2010 ist gut sichtbar und wird sich in den Szenario-Jahren 2020, 2030 und 2050 signifikant fortsetzen. Entsprechend den A Szenario-Annahmen würde ab etwa dem Jahr 2025 der KEV_{NE} auf Werte unter 1 kWh_{primär}/kWh_{el} sinken, und bis 2050 unter 0,1 kWh_{primär}/kWh_{el}.

Die THG-Emissionen würden nach den Szenario- Annahmen in den Jahren 2020 (IINAS) und 2030-2050 (KS95) weiter **stark absinken** und sowohl erzeuger- wie verbraucherseitig Werte um 400 g CO₂Äq/kWh_{el} (2020) bzw. unter 200 g CO₂Äq/kWh_{el} (2030) erreichen und bis 2050 weiter auf Werte um 20 CO₂Äq/kWh_{el} sinken.

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050

4.3 Sensitivität der Ergebnisse

Die o.g. Ergebnisse sind abhängig vom Stromerzeugungsmix – die entsprechenden Projektionen für 2020 bis 2050 sind **Szenarien**, für die nicht nur die Wahl der erneuerbaren Erzeugungsanteile relevant ist, sondern auch die Anteile von Braun- und Steinkohle sowie Erdgas und Erdöl. Dies gilt insbesondere für die THG-Emissionen, während der KEV_{NE} bei den **fossilen** Kraftwerken in einem **relativ engen Fenster** von rund 1,8 (Erdgas) bis 2,3 (Braunkohle) $kWh_{primär}/kWh_{el}$ liegt, wie folgende Tabelle für Stromerzeugungsoptionen im Jahr 2020 zeigt.

Tabelle 5 KEV und THG-Emissionen von Stromerzeugungsoptionen in 2020

Werte für 2020	kumulierter Energieverbrauch (KEV) [$kWh_{primär}/kWh_{el}$]		THG-Emissionen [g/kWh_{el}]	
	KEV_{NE}	KEV_{ges}	$CO_2\text{-}\ddot{A}q$	CO_2
Strom aus				
Steinkohle-Kraftwerk (heimisch)	2,22	2,22	839	748
Steinkohle-Kraftwerk (Import)	2,18	2,20	794	743
Braunkohle-Kraftwerk	2,29	2,29	962	954
Erdgas-GuD-Kraftwerk	1,83	1,84	384	363
Erdgas-GuD-Heizkraftwerk	1,75	1,75	368	346
Atomkraftwerk (AKW)	3,27	3,29	55	52
Wind Park onshore	0,02	1,02	9	8
Wind Park offshore	0,01	1,01	4	4
Solar-PV (polykristallin)	0,08	1,10	27	24
Geothermie (ORC)	0,23	1,34	66	63
Biogas-Gülle-BHKW	0,10	2,64	42	28
Biogas-Mais-BHKW	0,21	2,76	177	54

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 5.0; für KWK-Prozesse mit energiebezogener Allokation zwischen gekoppelt erzeugtem Strom und Wärme; KEV_{NE} = KEV nicht-erneuerbar; KEV_{ges} = gesamter KEV; CO_2 -Äquivalente für GWP_{100} nach IPCC (2013)

Der KEV_{NE} von Atomstrom dagegen liegt mit fast 3,3 $kWh_{primär}/kWh_{el}$ deutlich höher, während Strom aus Erneuerbaren mit KEV_{NE} -Werten unter 0,3 $kWh_{primär}/kWh_{el}$ um den **Faktor 10 niedriger** als Atomstrom liegt. Für die Entwicklung des KEV_{NE} des Strommixes sind daher weniger die Anteile von Kohle und Gas relevant als vielmehr die von AKW (**erhöhender** Effekt) und Erneuerbaren (**senkender** Effekt). Die AKW-Anteile über den gesetzlich geregelten Ausstieg gut ableitbar, und die Erzeugung durch Erneuerbare ist politisch gesetzt ansteigend. Die szenariogestützten Daten für den KEV_{NE} des **Strommixes** bis 2050 sind daher **als robust** anzusehen.

Bei den THG-Emissionen sind dagegen **alle** Erzeugungsanteile ergebnisrelevant.

Literatur

- AGEB (2019a) Energieverbrauch in Deutschland - Daten für das 1.-4. Quartal 2018. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Berlin https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=quartalsbericht_q4_2018.pdf
- AGEB (2019b) Kohlenverbrauch geht kräftig zurück - Energieverbrauch nach sechs Monaten im Minus / Erneuerbare mit Zuwachs. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Pressedienst Nr. 05 | 2019. Berlin https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_05_2019.pdf
- BAFA (2019) Entwicklung des deutschen Gasmarktes (monatliche Bilanzen 1998-2019). Eschborn https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/egas_entwicklung_1991.xls
- BMWi (2019) Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls.xls>
- DESTATIS (2019) Stromerzeugung im 1. Quartal 2019: 13,7 % mehr Strom aus erneuerbaren Energien eingespeist. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/06/PD19_235_43312.html
- IINAS (2012) Der nichterneuerbare Primärenergieverbrauch des nationalen Strommix in Deutschland im Jahr 2011. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt [http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2012_KEV-Strom-2011_\(HEA\).pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2012_KEV-Strom-2011_(HEA).pdf)
- IINAS (2013) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2012. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2013_KEV-Strom-2012_HEA.pdf
- IINAS (2014) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2013. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2014_KEV-Strom-2013_HEA.pdf
- IINAS (2015a) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2014 sowie Ausblicke auf 2015 und 2020. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2015_KEV-Strom-2014_HEA.pdf
- IINAS (2015b) Development of the Primary Energy Factor of Electricity Generation in the EU-28 from 2010-2013. Fritsche, Uwe R. & Gress, Hans-Werner. International Institute for Sustainability Analysis and Strategy. Prepared for EHPA. Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2015_PEF_EU-28_Electricity_2010-2013.pdf
- IINAS (2016) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2015 sowie Ausblicke auf 2020 und 2030. Fritsche, Uwe R.

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050

- & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt
http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2016_KEV-Strom-2015_HEA.pdf
- IINAS (2018a) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2016 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt
http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2018_KEV-Strom-2016_HEA.pdf
- IINAS (2018b) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2017 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050. Fritsche, Uwe R. & Greß, Hans-Werner. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien. Kurzstudie für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Darmstadt
http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/IINAS_2018_KEV-Strom-2017_HEA.pdf
- IINAS (2019) Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme – GEMIS – Version 5.0. Darmstadt (Internet-release auf www.gemis.de)
- ISI et al. (2017) Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland Modul 3: Referenzszenario und Basisszenario. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Consentec GmbH und ifeu unter Beteiligung der Unterauftragnehmer M-Five, TU Wien, TEP Energy GmbH und GEF Ingenieur AG. Studie i.A. des BMWi. Karlsruhe usw. <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/B/berichtsmodul-3-referenzszenario-und-basisszenario.pdf>
- ÖKO & ISI (2015) Klimaschutzszenario 2050 - 2. Endbericht. Repenning, Julia et al. Öko-Institut & Fraunhofer ISI im Auftrag des BMUB. Berlin, Karlsruhe <http://www.oeko.de/oeko-doc/2441/2015-598-de.pdf>
- Quaschnig, Volker (2016) Sektorkopplung durch die Energiewende. Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung. Hochschule für Technik und Wirtschaft. Berlin <http://www.volker-quaschnig.de/publis/studien/sektorkopplung/Sektorkopplungsstudie.pdf>
- UBA (2019) Erneuerbare Energien in Deutschland 2018 - Daten zur Entwicklung im Jahr 2018. Umweltbundesamt & Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Dessau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_einzahlen_2019_bf.pdf
- WSB (2019) Abschlussbericht Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“. Berlin <https://www.kommission-wsb.de/WSB/Redaktion/DE/Downloads/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf>

Anhang: Methodische Hinweise zur Bilanzierung

Die hier verwendete Bilanzierung von Lebenswegen folgt den Vorgaben der ISO 14040ff für Ökobilanzen, jedoch in vereinfachter Form (u.a. kein peer review).

A-1 Systemgrenzen der Bilanzierung

Die hier erfolgte Bilanzierung berücksichtigt **alle wesentlichen Stufen der Lebenswege** inklusive Herstellung von Anlagen, bei Importen auch im Ausland, sowie die entsprechenden **Transportaufwendungen**. Weiterhin werden Hilfsenergien (Strom, Wärme) und Hilfsstoffe (z.B. Schmiermittel, Kalkstein für Entschwefelung, NH₃ für DeNO_x) einbezogen, wenn diese mengenmäßig relevant sind (generelles 1%-Kriterium für den Massenstrom) oder spezifisch hohe Umwelteffekte zeigen (z.B. Edelmetalle als Katalysatoren).

Die Bilanzen klammern jedoch die **Entsorgung** aus⁹. Grund hierfür ist, dass in vielen Fällen stoffliche Komponenten wiederverwertet werden können (Aluminium, Beton, Glas, Stahl, Kupfer...) und die entsprechenden „Gewinne“ aus dem Recycling den Aufwand für Abriß und Rückbau übersteigen, insgesamt also eine Gutschrift erfolgen müsste. Da jedoch die künftigen Entsorgungssysteme sowie die künftig zu verrechnenden Gutschriften für vermiedene Primärmaterialien bei für Energiesysteme typischen Lebensdauern von 15-30 Jahren ungewiss sind, wird vereinfachend der Abriß und Rückbau **nicht** betrachtet.

Ebenfalls ausgeklammert wird die Entsorgung **kontinuierlich anfallender Reststoffe und Abfälle**, da hier ebenfalls einerseits Aufwände für deren schadlose Beseitigung entstehen (z.B. Transport und Deponierung), andererseits aber Komponenten wie z.B. Entschwefelungsprodukte und Aschen in hohem Maße rezykliert werden und damit wiederum Gutschriften für vermiedene Primärmaterialien (z.B. Gips, Split) anzusetzen wären.

Sensitivitätsrechnungen mit GEMIS für Steinkohlekraftwerke haben gezeigt, dass die vernachlässigten Effekte im Bereich unter 1% für KEV und THG-Emissionen liegen und damit innerhalb der Datengüte.

Weiterhin ist zu beachten, dass sich die Berechnung auf die bundesdeutsche **Bruttostromerzeugung** bezieht, d.h. die für Exporte genutzte Stromerzeugung ist in den Werten **enthalten**. Umgekehrt werden die über Stromimporte aus dem Ausland induzierten Effekte **hier nicht** einbezogen, da Deutschland einen signifikanten Stromexport-Überschuss aufweist, der auch bis 2020 – wenn auch reduziert – andauern wird.

⁹ Dies gilt nicht für AKW, da hier eine besondere Situation vorliegt. Die Aufwände für Abriß und Rückbau sowie für die direkte Endlagerung radioaktiver Abfälle sind als Aufschlag in den Daten enthalten.

Diese Vereinfachung führt eingedenk der bekannten Lastflüsse (Importe von Wasserkraftstrom aus Österreich und Schweiz, Kohlestrom aus Polen und der Tschechischen Republik sowie Atomstrom aus Frankreich) zu keiner nennenswerten Verzerrung, da der anzusetzende Importmix zwar die deutsche Strombilanz belasten würde, aber für die Exporte entsprechende „vermiedene Erzeugung“ in – vorwiegend fossilen – Kraftwerken im Ausland gutgeschrieben werden müsste.

Zwar könnte mit einem EU-Mix für den Stromaustausch gerechnet – siehe z.B. die entsprechenden Daten in IINAS (2015b) – und damit vereinfachend die „Netto“-Bilanz für Deutschland ermittelt werden, jedoch würde dies nicht die realen Lastflüsse und Grenzkraftwerksbedingungen in den im Stromaustausch einbezogenen Ländern reflektieren.

Würde dennoch eine solche Bilanz berechnet, würde sich ob des Exportüberschusses eine – allerdings nur leichte – Reduktion der hier ermittelten Werte ergeben. Die dargestellten Ergebnisse sind daher im Hinblick auf die Variation der Ex- und Importbilanz als robuste obere Grenze anzusehen¹⁰.

A-2 Anwendungsbereich („scope“)

Die hier vorgelegten Bilanzierungen dienen zur Bestimmung des KEV und der THG-Emissionen des bundesdeutschen **Strommixes** in den gegebenen Jahren für die **erzeugerseitige** Bereitstellung von Strom (Kraftwerkseinspeisung in Hochspannungsnetz) bzw. für die **verbraucherseitige** Bereitstellung (d.h. inkl. Netz- und Übertragungs- sowie Umspannverlusten).

Sie reflektieren die **durchschnittlichen** Effekte, die bei der Bereitstellung von Strom aus der öffentlichen Versorgung inklusiver vertraglich gesicherter Übergabelleistung des Bergbaus und der Industrie entstehen.

Dabei wurde die erneuerbare Stromerzeugung – unabhängig von **monetären** Flüssen der EEG-Vergütung und Marktprämien – proportional auf **alle** erzeugten Strommengen „umgelegt“. Dies erfolgt ebenfalls für die (relativ geringe) KWK-Stromerzeugung, d.h. auch hier wurde **unabhängig** von der monetären Vergütung für eingespeisten KWK-Strom die erzeugten kWh auf die gesamte Stromerzeugung proportional umgerechnet.

Dies entspricht den statistischen Zurechnungen von DESTATIS und AGEb und den Vorgaben der IEA-Energiestatistik.

¹⁰ Beim KEV wäre diese Bilanz durchaus sinnvoll, jedoch nicht bei den THG-Emissionen, da hier das EU-Emissionshandelsystem erlaubt, im Ausland „vermiedene“ Emissionen im Rahmen der Verpflichtungsperiode durch Emissionen an anderer Stelle zu kompensieren. Das **territorial** orientierte Konzept der THG-Bilanzierung spricht daher für die hier verwendete Bruttobilanz.

A-3 Allokation

Wie in A-2 dargestellt, erfolgt in der hier vorgelegten Bilanzierung eine **rein energetische** Zurechnung von Strommengen aus bestimmten Erzeugungstypen (RE, KWK...) auf das nationale Strommix durch proportionale Anteile der jeweiligen Erzeugung im Gesamtmix. Eine „monetäre“ Allokation auf bestimmte Verbrauchergruppen, die besondere Vergütungsleistungen (nach dem EEG bzw. KWK-Gesetz) über die Strompreise erbringen, erfolgt also **nicht**¹¹.

Es bleibt die Frage, wie die Stromerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bilanziert wird.

Hierfür gibt es verschiedene Ansätze, die jedoch bezogen auf den KEV und die THG-Emissionen des **gesamten** Strommixes wenig ergebniswirksam sind (vgl. Fritsche & Rausch 2008).

Um kompatibel mit den EU-Regelungen zur KWK sowie den statistischen Daten zu bleiben, wurde für die Bilanzierung eine **energiewertbezogene** Allokation zwischen KWK-Strom und KWK-Wärme angesetzt, die der sog. „finnischen Methode“ der EU-KWK-Richtlinie folgt.

A-4 KEV und KEA

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) wird schon seit den 1970er Jahren weltweit als Kennzahl für Energiesysteme verwendet. Anfang der 1990er Jahre entwarfen Experten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) mit Beteiligung des Umweltbundesamts ein Regelwerk zur Bestimmung des KEA, die VDI-Richtlinie 4600 (VDI 1997). Diese Richtlinie enthält Definitionen, Rechenmethoden und Beispiele für KEA-Anwendungen. Sie ist Grundstein aller heutigen KEA-Arbeiten und präzisiert, was mit dem kumulierten Energieaufwand gemeint ist.

Die KEA-Richtlinie stellte erstmals deutlich heraus, daß der Primärenergieaufwand auch unter Umweltsichtspunkten eine wichtige Größe ist.

In einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes wurde Ende der 1990er Jahre der sog. kumulierte **Energieverbrauch** (KEV) eingeführt (vgl. Fritsche u.a. 1999 + 2003)¹². Der KEV repräsentiert wie der KEA die **Summe aller Primärenergieinputs**, inklusive solcher zur Materialherstellung, klammert aber den Energieinhalt von Brennstoffen aus, die **stofflich** genutzt werden (z.B. Bauholz).

¹¹ Siehe A-6 für eine kurze Diskussion der Frage, welche Bilanzen für den Stromverbrauch einzelner Verbrauchergruppen (z.B. Haushalte) erstellt werden können.

¹² Physikalisch gesehen kann Energie nicht „verbraucht“, sondern nur in andere Formen umgewandelt werden. Der Ausdruck „Verbrauch“ wurde gewählt, um eine Kompatibilität mit dem statistischen Primärenergieverbrauch herzustellen.

Weiterhin setzt der KEV **definitiv** den Nutzungsgrad **jeder** Primärenergiegewinnung auf 100% (z.B. Bergbau, Solarzelle, Wasserkraftwerk), d.h. alle „Förderverluste“ gehen zu Lasten des Lagers (bei fossilen und nuklearen Energieträgern) bzw. des Reservoirs (bei Wasserkraft) oder natürlichem Energiefluß (z.B. bei Solar- und Windenergie). Damit ist eine Kompatibilität mit den UN-, IEA-, EUROSTAT- und DESTATIS-Energiebilanzen gewährleistet.

A-5 Komponenten des KEV

Wichtig ist die Unterscheidung in KEV_{Summe} (gesamter KEV) sowie die Komponenten

- KEV_{NE} = nichterneuerbare (fossile + nukleare) Primärenergien
- KEV_{RE} = regenerative (erneuerbare) Primärenergien

Diese Unterscheidung wird auch international verwendet und dient dazu, den KEV_{NE} als „Leitindikator“ für vereinfachte Ökobilanzen verwenden zu können (Fritsche u.a. 1999):

Der **gesamte** KEV ist zwar für ressourcenorientierte Fragen relevant, aber **nicht** „richtungssicher“ in Bezug auf Umweltaspekte wie THG-Emissionen und Versauerungspotenzial (vgl. Fritsche u.a. 2003). Wird dagegen auf den KEV_{NE} abgestellt, ergibt sich eine tendenziell gute Übereinstimmung mit den Werten für THG-Emissionen. Zudem wird die Erfüllung der **politischen Zielsetzung**, den Anteil Erneuerbarer zu steigern, notwendig mit höheren KEV_{RE} -Anteilen einhergehen, und dies würde in der alleinigen Verwendung des gesamten KEV nicht sichtbar sein. Daher wird in der hier vorgelegten Bilanzierung vorwiegend auf den KEV_{NE} abgestellt und der KEV_{Summe} nur „nachrichtlich“ ausgewiesen.

A-6 KEV- und THG-Bilanzierung und Stromkennzeichnung

Der hier ermittelte KEV für den durchschnittlichen Strom (vgl. A-1) kann nicht herangezogen werden, um belastbare Aussagen über **Teilmengen** der Stromerzeugung oder des Stromverbrauchs abzuleiten.

Verbraucherseitig ist die **Stromkennzeichnung** ein zunehmend wichtiges Instrument, um Kunden über die Umweltaspekte des bezogenen Produkts zu informieren.

Die Stromkennzeichnung verwendet jedoch **andere** Bilanzgrenzen – sie orientiert sich an den Unternehmen und deren Bezüge und kann z.B. die Anteile von Erneuerbaren gezielt auf Kundengruppen (etwa entsprechend der von ihnen gezahlten EEG-Umlage) zurechnen.

Literatur zum Anhang

- EN ISO 14041 Umweltmanagement Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz, Deutsche Fassung prEN ISO 14041:1997
- Fritsche, Uwe et al. (1999) KEA: mehr als eine Zahl - Basisdaten und Methoden zum Kumulierten Energieaufwand (KEA). Ergebnisse des F&E-Vorhabens "Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits". Öko-Institut, IREB, IFIB, DIW, ISI. i.A. des UBA. Darmstadt usw. http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/1999_g3-kea-brosch.pdf
- Fritsche, Uwe et al. (2003) Anwendung und Kommunikation des Kumulierten Energieverbrauchs (KEV) als praktikabler umweltbezogener Bewertungs- und Entscheidungsindikator für energieintensive Produkte und Dienstleistungen. FfE, Ecofys, IFEU, ÖKO & TH Karlsruhe Endbericht zum F&E-Vorhaben i.A. des UBA. München usw. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2779.pdf>
- Fritsche, Uwe & Rausch, Lothar (2008) Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme. Endbericht zum F&E-Vorhaben FKZ 360 16 008 des Öko-Instituts i.A. des UBA. Darmstadt <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3476.pdf>
- Fritsche, Uwe & Rausch, Lothar (2009) Life Cycle Analysis of GHG and Air Pollutant Emissions from Renewable and Conventional Electricity, Heating, and Transport Fuel Options in the EU until 2030. Oeko-Institut. ETC/ACC Technical Paper 2009/18. Darmstadt http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs//ETCACC_TP_2009_18_LCA_GHG_AE_2013-2030.pdf
- Fritsche, Uwe & Rausch, Lothar (2010) GEMIS-Emissionsfaktoren für Treibhausgase und KWK-Zurechnung. Öko-Institut. Kurzpapier für die Landeshauptstadt München. Darmstadt http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2010_GEMIS_EF_KWK-LHM.pdf
- Fritsche, Uwe (2016) Primärenergetische Bewertung von Strom in Deutschland: Stand und Ausblick. EnEV aktuell Heft 4/2016: 14-16
- VDI (1997) VDI Richtlinie 4600 - Kumulierter Energieaufwand - Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden. Düsseldorf