

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
info@iinas.org

Büro Berlin

Reinhardtstr. 50
10117 Berlin
t (030) 2844-578-16/17

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-CEE (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 Srivastara, TERI (IN)
Helen Watson, UKZN (ZA)
Sir Robert Watson, Tyndall Centre (UK)

Bankverbindung

Volksbank eG Darmstadt
IBAN DE5450890000055548609
BIC GENODEF1VBD

Handelsregister

HRB 90827
Amtsgericht Darmstadt

Steuernummer

007 236 09994
Finanzamt Darmstadt

VAT DE 282876833

www.iinas.org

Kurzstudie:

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2013

**Bericht für die Fachgemeinschaft für
effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA)**

erstellt durch

Uwe R. Fritsche

Hans-Werner Greß

Darmstadt, August 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Recherche der Basisdaten	1
3	Bilanzierung des KEV und der THG-Emissionen	3
4	Ergebnisdiskussion und Ausblick	4
	Literatur	7

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	KEV und THG-Emissionen von Strom 2010-2020	6
--------	--	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung 2010-2013 und Ausblick auf 2015 und 2020	2
Tabelle 2	KEV und THG-Emissionen von Strom in 2010-2013.....	3
Tabelle 3	Vergleich der neu bilanzierten KEV-Werte für Strom in 2010-2012 mit denen aus GEMIS 4.8.....	4
Tabelle 4	Vergleich der neu bilanzierten THG-Emissionen für Strom in 2010-2012 mit denen aus GEMIS 4.8	5
Tabelle 5	KEV und THG-Emissionen von Strom für 2015 und 2020.....	5

1 Einführung

Die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA) beauftragte IINAS mit einer Kurzstudie zu Daten über den kumulierten Energieverbrauch (KEV) des Mix zur Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2013 sowie für die Szenario-Jahre 2015 und 2020. Parallel wurden jeweils auch die Emissionen an Treibhausgasen (THG) ermittelt. Das vorliegende Papier fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen und aktualisiert Ergebnisse vorheriger Arbeiten¹.

Die Bilanzierungen erfolgten mit dem Computermodell GEMIS Version 4.93, das kostenlos erhältlich ist². Dieses Modell ermittelt auf Grundlage von Lebenswegdaten für Energie-, Stoff- und Transportsystemen die Umwelteffekte unter Einbeziehung der vorgelagerten Prozessketten im In- und Ausland sowie den Herstellungsaufwänden für die Prozesse.

Alle Kenndaten, mit denen in diesem Papier gerechnet wurden, 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 für den deutschen nationalen Stromerzeugungsmix des Jahres 2013 auf Basis von Statistiken recherchiert und Anteile der Kraftwerkstypen (nach Brennstoffen), die Entwicklung der Nutzungsgrade und der Vorketten ermittelt.

Gegenüber früheren Berechnungen (IINAS 2012+2013; ÖKO 2011) wurden dabei aktualisierte statistische Grundlagen verwendet, die daraus resultierenden Stromerzeugungsmixe der letzten Jahre zeigt die folgende Tabelle.

¹ Siehe dazu IINAS (2013) für die Werte des Jahres 2012 und IINAS (2012) für die Werte des Jahres 2011 sowie ÖKO (2011) für Daten zum Jahr 2010.

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

Tabelle 1 Entwicklung der deutschen Brutto-Stromerzeugung 2010-2013 und Ausblick auf 2015 und 2020

Erzeugung [TWh]	statistische Daten				Szenario-Daten	
	2010	2011	2012	2013	2015	2020
AKW	140,6	108,0	99,5	97,3	89,4	71,4
Braunkohle	145,0	150,1	160,7	162,0	129,5	81,5
Steinkohle	117,4	112,4	116,4	124,0	98,7	70,0
Erdgas	83,7	86,1	76,4	66,8	89,4	110,1
Öl	8,1	7,2	7,6	6,4	6,2	4,5
Wasserkraft	20,6	17,7	21,8	20,5	21,0	22,2
Windkraft onshore	37,6	48,3	49,9	52,4	68,8	87,2
Windkraft offshore	0,2	0,6	0,7	1,0	12,3	35,2
Solar-PV	12,0	19,6	26,4	30,0	33,1	45,1
Geothermie	0,03	0,02	0,03	0,04	0,3	1,8
Biomasse	28,4	32,8	39,7	42,6	44,0	54,1
Hausmüll*	4,7	4,8	5,0	5,2	5,4	3,7
andere**	21,4	19,7	20,1	19,6	17,7	14,3
Summe	619,7	607,3	624,2	627,9	615,7	601,2

*= biogener Anteil; **= inkl. Gicht-/Kokereigas, nicht-biogener Hausmüll

Quelle: AGEB (2014) und BMWi (2014a+b) für 2010-2013; für 2015 und 2020 DLR, IWES, IfnE (2012) und eigene Abschätzung von IINAS

Die Struktur der Stromerzeugung in GEMIS hat eine **höhere Auflösung** als die in obiger Tabelle dargestellten Anteile, da GEMIS für Stromerzeugungsprozesse auch die verschiedenen Brennstoffeinsätze (z.B. ost- und westdeutsche Braunkohle, inländische und importierte Steinkohle) bzw. Technologietypen (z.B. Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke) abbildet und für die Brennstoff-Vorketten (Lebenswege) auch Energieträger**importmixe** berücksichtigt.

Daher wurden die Daten aus Tabelle 1 auf Grundlage von Sekundärstatistiken³ auf die zur Definition der Stromerzeugung in GEMIS geltenden, detaillierteren Zuordnungen zu Kraftwerkstypen umgerechnet. Gegenüber den früheren Arbeiten wurden dabei nunmehr die Anteile von inländischer und importierter Steinkohle nach GVSt (2014) und SK (2012+2013) korrigiert.

Ergänzend wurden eine **Projektion der Stromerzeugung** in 2015 und 2020 als Szenarien entwickelt, die die absehbaren Entwicklungen durch das EEG 2014 für Biomasse, Solar- und Windstrom einbezieht sowie ab **2015 einen Anstieg der**

³ Vgl. BAFA (2014); GVSt (2014); SK (2013+2014); VdKI (2013+2014)

CO₂-Zertifikatspreise aufgrund des „backloading“ des europäischen Emissionshandelssystems annehmen.

Entsprechend ist einerseits der Zuwachs bei Wind, PV und Biomasse gegenüber früheren Szenarien gebremst und andererseits verlieren Braun- und Steinkohle gegenüber 2010-2013 Erzeugungsanteile zu Gunsten von Erdgas.

Diese Szenarien beruhen somit zwar auf der BMU-Leitstudie (DLR, IWES, IfnE 2012), ändern allerdings einige der Daten, so z.B. wurde bis 2020 auf RE-Importe verzichtet.

3 Bilanzierung des KEV und der THG-Emissionen

Die recherchierten Daten wurden in das Computermodell GEMIS (Version 4.9) eingegeben und die Lebenswege der Stromerzeugung für das Jahr 2013 bilanziert sowie aufgrund der **aktualisierten** Daten auch für 2010-2012 neu berechnet.

Die Ergebnisse für die durchschnittliche kWh Strombereitstellung aus dem lokalen Netz sowie für die Stromerzeugung aus dem Kraftwerkspark zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 2 KEV und THG-Emissionen von Strom in 2010-2013

Strom aus	kumulierter Energieverbrauch (KEV) in kWh _{primär} /kWh _{el}		THG-Emissionen in g/kWh _{el}	
	nicht-erneuerbar	gesamt	CO ₂ Äq	CO ₂
Strom-lokal 2010	2,36	2,77	606	578
Strom-lokal 2011	2,22	2,70	614	584
Strom-lokal 2012	2,16	2,68	619	589
Strom-lokal 2013	2,12	2,67	617	587
Kraftwerkspark 2010	2,29	2,69	588	560
Kraftwerkspark 2011	2,16	2,62	596	566
Kraftwerkspark 2012	2,09	2,60	600	571
Kraftwerkspark 2013	2,06	2,59	598	569

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 4.93

Die **aktualisierten** Daten für 2010-2012 führen im Ergebnis zu leicht höheren KEV- und THG-Werten als die früher publizierten Werte.

4 Ergebnisdiskussion und Ausblick

Ergebnisdiskussion für 2010-2013

Gegenüber den (korrigierten) Daten für 2010, 2011 und 2012 zeigt sich, dass die ermittelten Daten zum nichterneuerbaren KEV von Strom aus dem bundesdeutschen **Kraftwerkspark** (erzeugerseitig) in 2013 mit $2,06 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ leicht niedriger lagen als für 2012 und deutlich unter den Werten für 2011 und 2010 (vgl. Tabelle 2).

Für die Abgabe aus dem **lokalen Stromnetz** (verbraucherseitig) sind die Werte für den $\text{KEV}_{\text{nichterneuerbar}}$ des Jahres 2013 von $2,12 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ gegenüber 2012 und 2011 ebenfalls leicht und gegenüber 2010 deutlich gesunken.

Die geringeren Werte für 2013 gegenüber 2010 bis 2012 ergeben sich durch den steigenden Anteil **erneuerbarer** Stromerzeugung, deren nichterneuerbarer KEV **erheblich unter** dem der fossilen und nuklearen Stromerzeugung liegt, sowie dem gesunkenen Anteil an Strom aus AKW (vgl. Tabelle 1), der vergleichsweise hohe spezifische nichterneuerbare KEV-Werte aufweist.

Tabelle 3 Vergleich der neu bilanzierten KEV-Werte für Strom in 2010-2012 mit denen aus GEMIS 4.8

	kumulierter Energieverbrauch (KEV) in $\text{kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$			
	nichterneuerbar		gesamt	
	GEMIS 4.8	GEMIS 4.9	GEMIS 4.8	GEMIS 4.9
Strom-lokal 2010	2,37	2,36	2,79	2,77
Strom-lokal 2011	2,22	2,22	2,76	2,70
Strom-lokal 2012	2,19	2,16	2,71	2,68
Kraftwerkspark 2010	2,30	2,29	2,71	2,69
Kraftwerkspark 2011	2,16	2,16	2,67	2,62
Kraftwerkspark 2012	2,13	2,09	2,63	2,60

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 4.93 sowie IINAS (2013) für GEMIS-4.8-Werte

Die hier erfolgte Aktualisierung der Datenbasis von GEMIS 4.93 für die Stromerzeugung in 2010-2012 führt zu KEV-Werten, die gegenüber den früheren KEV-Werten, die mit der Datenbasis von GEMIS 4.8 berechnet wurden (siehe IINAS 2013), geringfügig reduziert sind. Die Änderungen liegen allerdings unter 2% und damit im Genauigkeitsbereich der Datenbasis.

Bei den THG-Emissionen ergibt sich ein ähnliches Bild, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 4 Vergleich der neu bilanzierten THG-Emissionen für Strom in 2010-2012 mit denen aus GEMIS 4.8

	THG-Emissionen in g/kWh _{el}			
	CO ₂ Äq		CO ₂	
	GEMIS 4.8	GEMIS 4.9	GEMIS 4.8	GEMIS 4.9
Strom-lokal 2010	608	606	582	578
Strom-lokal 2011	626	614	597	584
Strom-lokal 2012	634	619	605	589
Kraftwerkspark 2010	589	588	564	560
Kraftwerkspark 2011	607	596	579	566
Kraftwerkspark 2012	615	600	587	571

Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 4.93 sowie IINAS (2013) für GEMIS-4.8-Werte

Die Aktualisierung der Datenbasis von GEMIS 4.93 führt zu THG-Emissionen der Stromerzeugung, die wiederum gegenüber den früheren Werten aus GEMIS 4.8 (siehe IINAS 2013) leicht niedriger liegen. Auch hier sind die Änderungen jedoch unter 2% und liegen wie beim KEV im Genauigkeitsbereich der Datenbasis.

Sowohl beim KEV wie auch bei den THG-Emissionen hat die Aktualisierung für GEMIS 4.93 daher sowohl das Niveau wie auch den Trend bestätigt.

Ausblick auf 2015 bis 2020

Nach 2013 wird sich die Umstrukturierung des deutschen Kraftwerksparks in Richtung höherer Anteile erneuerbarer Energien fortsetzen (DLR, IWES, IfnE 2012; EWI, GWS, Prognos 2014), so dass auch **künftig von weiter sinkenden** nichterneuerbaren KEV-Werten der Strombereitstellung auszugehen ist.

Die Ergebnisse der Szenarien für 2015 und 2020 zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 5 KEV und THG-Emissionen von Strom für 2015 und 2020

Strom aus	kumulierter Energieverbrauch (KEV) in kWh _{primär} /kWh _{el}		THG-Emissionen in g/kWh _{el}	
	nichterneuerbar	gesamt	CO ₂ Äq	CO ₂
Strom-lokal 2015	1,90	2,53	530	504
Strom-lokal 2020	1,55	2,31	407	384
Kraftwerkspark 2015	1,85	2,45	513	488
Kraftwerkspark 2020	1,50	2,24	394	372

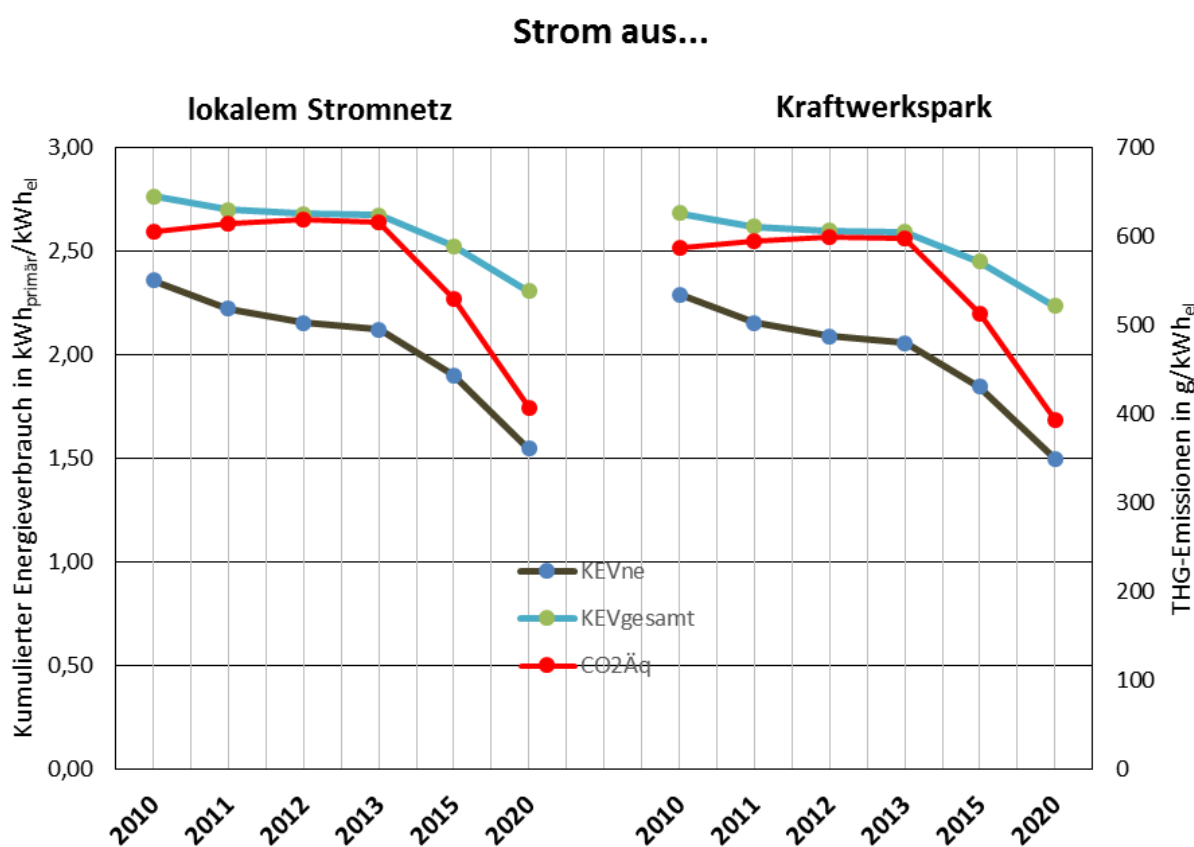
Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 4.93

Erzeugerseitig ergibt sich für 2020 ein $KEV_{\text{nichtererneuerbar}}$ von $1,50 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und THG-Emissionen von $394 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$. Verbraucherseitig ergeben sich ein $KEV_{\text{nichtererneuerbar}}$ von $1,55 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und $407 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$.

Auf Basis des Szenarios für das Jahr 2015 ergeben sich erzeugerseitig ein $KEV_{\text{nichtererneuerbar}}$ von $1,85 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ und $513 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$ bzw. verbraucherseitig $1,90 \text{ kWh}_{\text{primär}}/\text{kWh}_{\text{el}}$ sowie $530 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$.

Den Gesamtverlauf von 2010-2020 zeigt die folgende Abbildung.

Abbildung 1 KEV und THG-Emissionen von Strom von 2010 bis 2020



Quelle: eigene Berechnung mit GEMIS 4.93

Der Gesamttrend zu geringeren KEV-Werten seit 2010 ist deutlich sichtbar und wird sich entsprechend der hier entwickelten Szenarien auch von 2015 bis 2020 fortsetzen.

Bei den THG-Emissionen wurde der von 2010-2012 stattgefunden Anstieg im Jahr 2013 gestoppt. In den Szenarien für 2015 und 2020 werden die THG-Emissionen deutlich sinken und verbraucherseitig Werte um $400 \text{ g CO}_2\text{Äq}/\text{kWh}_{\text{el}}$ erreichen.

Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2013

Literatur

- AGEB (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.) 2014: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013; Berlin
http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_jahresbericht2013_20140317.pdf
- BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) 2014: Entwicklung der Erdgaseinfuhr in die Bundesrepublik Deutschland Bilanzen 1998 - 2013 Grafik; Eschborn
http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erdgas/ausgewaehlte_statistiken/egashist.pdf
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) 2014: Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung; Berlin
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe,did=476134.html>
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) 2014: Erneuerbare Energien im Jahr 2013; Berlin
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/agee-stat-bericht-ee-2013,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), IWES (Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik), IfnE (Ingenieurbüro für neue Energien) 2012: Langfrist-szenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global; Nitsch J et al.; i.A. des BMU; Stuttgart, Kassel, Teltow
http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2011_bf.pdf
- EWI (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln), GWS (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH), Prognos 2014: Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose; Projekt Nr. 57/12; Basel, Köln, Osnabrück
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- GVSt (Gesamtverband Steinkohle e.V.) 2014: Steinkohle Jahresbericht 2013; Herne
http://www.gvst.de/site/steinkohle/pdf/Druck-pdf_01-10-13.pdf
- IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien GmbH) 2012: Der nichterneuerbare Primärenergieverbrauch des nationalen Strommix in Deutschland im Jahr 2011; Fritsche U, Greß H; Bericht 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 (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien GmbH) 2013: Der nichterneuerbare Primärenergieverbrauch des nationalen Strommix in Deutschland im Jahr 2012; Fritsche U, Greß H; Bericht 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

- ÖKO (Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V.) 2011: Der nichterneuerbare Primärenergieverbrauch des nationalen Strommix in Deutschland im Jahr 2010; Fritsche U, Rausch L, gefördert vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. und der Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA); Darmstadt
- SK (Statistik der Kohlewirtschaft) 2013: Der Kohlenbergbau in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2012; Herne, Köln
http://www.kohlenstatistik.de/files/silberbuch_2012.pdf
- SK (Statistik der Kohlewirtschaft) 2014: Zur Lage des Kohlenbergbaus in der Bundesrepublik Deutschland – Jahr 2013; Herne, Köln
http://www.kohlenstatistik.de/files/lb_statistik_2013.pdf
- VdKI (Verein der Kohlenimporteure e.V.) 2013: Jahresbericht 2013; Hamburg
http://www.verein-kohlenimporteure.de/wDeutsch/jahresbericht/documents/pdf/VDKI_Jahresbericht_2013.pdf
- VdKI (Verein der Kohlenimporteure e.V.) 2014: Jahresbericht 2014; Hamburg
http://www.verein-kohlenimporteure.de/download/2014/Jahresbericht_vdki_2014.pdf?navid=18