

# Primärenergiefaktoren von fossilen und erneuerbaren Energieträgern, Strom und Fernwärme im Zeitraum 2000 bis 2011

Teilbericht des Projektes „Erweiterung der Monitoringmethoden im Sinne der RL 2006/32/EG um Primärenergieeinsparungen sowie Berechnung der Primärenergieeffekte der Ziele der Energiestrategie Österreich im Hinblick auf den Entwurf der Energieeffizienzrichtlinie der Europäischen Kommission COM(2011) 370 final“

Verfasser: Gerald Kalt

Auftraggeber: BMWFJ

## **Impressum**

---

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency,  
Mariahilfer Straße 136, A-1150 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 340;  
E-Mail: [office@energyagency.at](mailto:office@energyagency.at), Internet: <http://www.energyagency.at>

Für den Inhalt verantwortlich: DI Peter Traupmann

Gesamtleitung: Mag. Gregor Thenius

Reviewing: Mag. Gunda Kirchner

Lektorat: Mag. Dr. Margaretha Bannert

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet. Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund.....	1
1.2	Inhalt des Projektes .....	1
1.3	Aufbau des Berichts .....	1
<b>2</b>	<b>Begriffe und Methoden .....</b>	<b>2</b>
2.1	Begriffserklärung: Primärenergiefaktor.....	2
2.2	Primärenergiefaktoren von fossilen und erneuerbaren Energieträgern in der Literatur .....	3
2.3	Allokationsmethoden für Strom und Fernwärme aus KWK .....	4
2.3.1	IEA-Methode .....	5
2.3.2	Wirkungsgradmethode .....	5
2.3.3	Exergiemethode .....	5
2.3.4	Gutschriftenmethoden (Substitutionsmethoden).....	6
2.3.5	Finnische Methode.....	7
<b>3</b>	<b>Primärenergiefaktoren .....</b>	<b>9</b>
3.1	Primärenergiefaktoren fossiler und erneuerbarer Energieträger .....	9
3.2	Primärenergiefaktoren von Strom und Fernwärme.....	10
3.2.1	Fernwärme .....	10
3.2.2	Strom.....	12
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>20</b>



# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 2006/32/EG (Endenergieeffizienz- und Energiedienstleistungen) wurde die Österreichische Energieagentur als Monitoringstelle des Bundes unter anderem mit der Entwicklung von Bottom-up-Bewertungsmethoden und dem Aufbau einer Online-Maßnahmendatenbank beauftragt. Mit Hilfe der Datenbank können Energieeffizienzmaßnahmen erfasst und die daraus resultierenden Endenergieeinsparungen auf Basis der Bottom-up-Methoden berechnet werden. Die am 25. Oktober 2012 erlassene Richtlinie 2012/27/EG über Energieeffizienz vereint die Anstrengungen zu erhöhter End- und Primärenergieeffizienz im Hinblick auf die 20/20/20-Ziele.

## 1.2 Inhalt des Projektes

Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Projekt die bestehenden Berechnungen und Methoden der Österreichischen Energieagentur von End- auf Primärenergie erweitert. Folgende Aktivitäten waren Inhalt des Projekts:

- Die von der Österreichischen Energieagentur erarbeiteten Monitoringmethoden wurden um Primärenergieeinsparungen erweitert.
- Darauf aufbauend wurde die Online-Datenbank entsprechend adaptiert, um auch die Primärenergieeinsparungen von Effizienzmaßnahmen darstellen zu können.

Gegenstand des vorliegenden Berichtes sind Primärenergiefaktoren sämtlicher Energieträger gemäß der Klassifikation der Energiebilanz (Statistik Austria, 2013) im Zeitraum 2000 bis 2011. Es werden fossile, erneuerbare und insbesondere auch die „abgeleiteten“ Energieträger Strom und Fernwärme (auf Basis des jeweiligen Erzeugungsmixes) betrachtet.

## 1.3 Aufbau des Berichts

In Abschnitt 2 werden Begriffe und Methoden erläutert. Nach einer Erklärung des Begriffs „Primärenergiefaktor“ (Abschnitt 2.1) werden unterschiedliche Ansätze in der Literatur diskutiert (2.2) sowie Allokationsmethoden für Strom und Fernwärme aus KWK-Anlagen erläutert und deren Vor- und Nachteile beschrieben (2.3).

In Abschnitt 3 werden die im Rahmen dieser Studie ermittelten Primärenergiefaktoren dargestellt; zunächst jene der fossilen und erneuerbaren Energieträger (3.1) und anschließend jene der abgeleiteten Energieträger Strom und Fernwärme (3.2). Die Ergebnisse werden in Kapitel 4 zusammengefasst.

## 2 Begriffe und Methoden

### 2.1 Begriffserklärung: Primärenergiefaktor

Der Primärenergiefaktor (PEF) ist definiert als das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu abgegebener Endenergie:

$$f_P = \frac{Q_{PE}}{Q_{EE}} \quad (1)$$

Nach ÖNORM EN 15603: 2008-07 wird jene Primärenergie berücksichtigt, die für „die Gewinnung, die Verarbeitung, die Speicherung, den Transport, die Erzeugung, die Umwandlung, die Transmission, die Verteilung, und jegliche weiteren Arbeitsschritte“ erforderlich ist. Das heißt, es wird neben dem Energieinhalt des Energieträgers (z.B. Heizwert von Holzpellets) der Primärenergiebedarf der gesamten „Vorkette“ berücksichtigt (im Fall von Pellets in erster Linie der Energiebedarf für Pelletierung und Transport). In diesem Kontext wird häufig auch der Begriff „Kumulierter Energieaufwand“ (KEA) verwendet (siehe Fritsche und Schmidt, 2008).

Im Fall des Endenergieträgers Strom setzt sich die Primärenergie zusammen aus dem Umwandlungseinsatz, also der am Kraftwerk vorliegenden Energiemenge beispielsweise in Form von aufbereiteter Steinkohle, und der zur Bereitstellung des Umwandlungseinsatzes benötigten Energiemenge in der Vorkette. Ein Beispiel für die Berechnung eines PEF von Strom aus einem kalorischen Kraftwerk ohne Abwärmenutzung ist in Abbildung 1 dargestellt (Pfeifroth und Beer, 2009). Bei einem Wirkungsgrad von 40,7 % werden 40,7 % des Umwandlungseinsatzes in Strom umgewandelt. Die restlichen 59,3 % fallen als Abwärmeverluste auf einem niedrigen Temperaturniveau an. Der PEF ergibt sich als Quotient aus 110 Primärenergieeinheiten und 40,7 Einheiten Endenergie, in diesem Fall Strom, zu ca. 2,7.

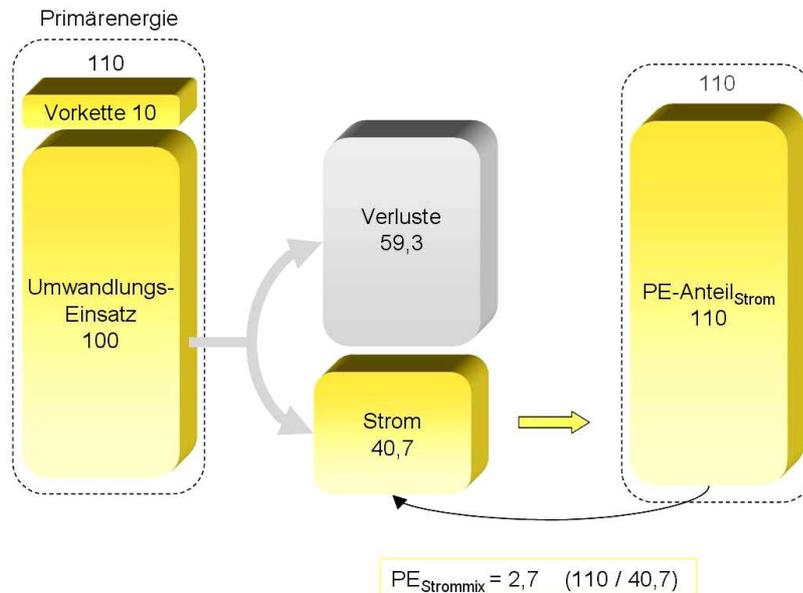


Abbildung 1: PEF von Strom aus einem kalorischen Kraftwerk ohne Abwärmenutzung (Quelle: Pfeifroth und Beer, 2009)

Darüber hinaus sind bei der Berechnung des PEF eines (nationalen) Strommixes auf Basis statistischer Daten (im Gegensatz zur Berechnung eines PEF einer einzelnen Anlage) auch Übertragungsverluste sowie der Eigenbedarf der Kraftwerke zu berücksichtigen. Konkret wird in diesem Fall die an den Endverbraucher abgegebene Energie ( $Q_{EE}$  in Formel (1)) als Umwandlungsausstoß der Anlagen abzüglich Übertragungsverluste und Eigenbedarf („Verbrauch des Sektors Energie“) berechnet. Da auf Basis der nationalen Energiebilanz (Statistik Austria, 2013) keine Zuteilung auf Kraftwerkstypen bzw. Brennstoffarten möglich ist, erfolgt im Rahmen dieser Studie eine aliquote Aufteilung der Übertragungsverluste und des Eigenbedarfs auf sämtliche Kraftwerkstypen.

Im Fall von Fernwärme sind ebenfalls Übertragungsverluste zu berücksichtigen, das heißt  $Q_{EE}$  in Formel (1) steht für die an den Endverbraucher abgegebene Wärme, nicht den Wärmeausstoß der Anlagen. Auch hier erfolgt im Rahmen dieser Studie eine aliquote Aufteilung der Übertragungsverluste auf sämtliche KWK-Anlagen und Heizwerke.

## 2.2 Primärenergiefaktoren von fossilen und erneuerbaren Energieträgern in der Literatur

In der Literatur wird bei der Angabe von PEF bzw. kumulierten Energieaufwänden zum Teil zwischen nicht-erneuerbaren und erneuerbaren Komponenten unterschieden. Im vorliegenden Bericht erfolgt keine derartige Unterscheidung, d.h. es werden nur Gesamt-PEF ausgewiesen.

Hinsichtlich des zu berücksichtigenden Primärenergieaufwandes bei der Bereitstellung von erneuerbaren Energieträgern und Abfällen als Energieträger gibt es in der Literatur unterschiedliche Ansätze. In BMVBS (2012) wird bezüglich des erneuerbaren Primärenergieaufwandes ausgeführt: *„Die Bestimmung des erneuerbaren Primärenergiegehalts ist derzeit mit wissenschaftlichen Methoden nicht möglich. Eine Abgrenzung des „Energieeintrags“ aus der Biosphäre kann nicht konsistent vorgenommen werden. Wie beispielsweise ist die Solarenergie zu bewerten, die zur Trocknung von Scheitholz oder Hackschnitzeln eingesetzt wird? Wie ist der „Heizwert“ von Gülle zu bestimmen, deren Gasertrag erst durch die Aktivität von Bakterien entsteht?“*

Die erneuerbaren PEF werden daher in BMVBS (2012) sowie in einem Großteil der weiteren untersuchten Studien konventionsgemäß mit 1,0 MJ pro MJ Endenergie des Brennstoffes festgesetzt. Dieser Ansatz wird auch für die vorliegende Studie als sinnvoll erachtet. Für biogene Energieträger wie Brennholz, Pellets oder Hackschnitzel heimischer Herkunft ergeben sich damit gesamte PEF (d.h. erneuerbarer plus nicht-erneuerbarer PEF) von knapp über 1.

In Bohnenschäfer et al. (2011) wird der PEF von Abfällen, Biogas aus Abfallstoffen und Umweltwärme mit Null angesetzt. Bezüglich Abfälle wird argumentiert, dass der Primärenergieaufwand der Produktion des entsprechenden Gutes bzw. der entsprechenden Dienstleistung anzurechnen ist, und bei der Entsorgung als Abfall daher mit dem Faktor Null zu bewerten ist. Bei der Berechnung des PEF von Strom und Fernwärme in derselben Studie wird der PEF von Abfall jedoch mit 1 angenommen. Der Grund für diese inkonsistenten Annahmen wird in der Studie nicht erläutert. Ebenso ergeben sich in Bohnenschäfer et al. (2011) für Biogas und Wärme aus solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen Werte zwischen 0

und 1, da der erneuerbare Primärenergieaufwand mit Null angesetzt und lediglich der Hilfsstrom- bzw. Hilfsenergieverbrauch der Anlagen in Rechnung gestellt wird.

Um Konsistenz mit der nationalen Energiebilanz (Statistik Austria, 2013) zu gewährleisten, wird in der vorliegenden Studie ausschließlich von  $PEF \geq 1$  ausgegangen; d.h. auch im Fall von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien wie solarthermischen Anlagen, Photovoltaik (PV), Umgebungswärme und Geothermie wird der erneuerbare Primärenergieaufwand mit mindestens 1 MJ/MJ angesetzt.

### 2.3 Allokationsmethoden für Strom und Fernwärme aus KWK

Bei der Erzeugung von Strom in Kraftwerken ohne Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bzw. Fernwärme in Heizwerken kann (wie in Abbildung 1 dargestellt) der gesamte Primärenergieeinsatz eindeutig dem Endenergieträger Strom bzw. Fernwärme zugeordnet werden.

Im Fall von KWK-Anlagen ist es hingegen erforderlich, den Primärenergieeinsatz ( $Q_{PE}$ ) gemäß einer festzulegenden Allokationsmethode auf die beiden Endenergieträger aufzuteilen:

$$Q_{PE} = W_{Br,th} + W_{Br,el} \quad (2)$$

$$W_{Br,th} = Q_{PE} * \varepsilon_{th} \quad (3)$$

$$W_{Br,el} = Q_{PE} * \varepsilon_{el} \quad (4)$$

Dabei steht  $W_{Br,th}$  für den der Wärmeerzeugung zugerechneten und  $W_{Br,el}$  für den der Stromerzeugung zugerechneten Primärenergieeinsatz (bestehend aus Umwandlungseinsatz plus Primärenergieeinsatz der Vorkette; siehe Abbildung 1). Gesucht werden die Allokationsfaktoren  $\varepsilon_{el}$  und  $\varepsilon_{th}$ , wobei gelten muss:  $(\varepsilon_{el} + \varepsilon_{th}) = 1$ . Zwecks einheitlicher Benennung wird im Folgenden für den Primärenergieeinsatz das Formelzeichen  $W_{Br}$  verwendet.

Folgende Allokationsmethoden werden in der Literatur angewendet (siehe auch Bohnenschäfer et al., 2011):

- IEA-Methode
- Wirkungsgradmethode
- Exergiemethode
- Finnische Methode
- Gutschriftenmethode (Substitutionsmethode)

Hinsichtlich der Frage, ob eine bestimmte Methode den anderen vorzuziehen sei, heißt es in Mauch et al. (2010): „Laut VDI 4661 gibt es „keine Methode, die insgesamt, d.h. nach thermodynamischen, wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien, gleichermaßen zwingend anzuwenden wäre“ und somit existiert keine eindeutige naturwissenschaftlich richtige Lösung. Die verschiedenen Allokationsmethoden sind demnach für den jeweils betrachteten Fall und die daraus resultierenden Aussagen besser oder schlechter geeignet.“

In den folgenden Abschnitten werden die Berechnungsformeln dargestellt (basierend auf Bohnenschäfer et al., 2011 bzw. Mauch et al., 2010) und es wird auf die Vor- und Nachteile der verschiedenen Allokationsmethoden eingegangen.

### 2.3.1 IEA-Methode

Bei der IEA-Methode erfolgt die Aufteilung entsprechend den thermischen ( $\eta_{th}$ ) und elektrischen Wirkungsgraden ( $\eta_{el}$ ):

$$\begin{aligned} W_{Br,th} &= W_{Br} * \frac{\eta_{th}}{\eta_{el} + \eta_{th}} \\ W_{Br,el} &= W_{Br} * \frac{\eta_{el}}{\eta_{el} + \eta_{th}} \end{aligned} \quad (4; 5)$$

Zu den Vorteilen der Methode zählen die einfache Berechnungsmethodik sowie die gute Anwendbarkeit auf stark aggregierte statistische Daten. Die wesentliche Schwäche der Methode liegt darin, dass sie im Fall von KWK-Anlagen mit verhältnismäßig niedrigem elektrischen Wirkungsgrad (z.B. Biomasse-KWK) zu sehr niedrigen PEF für Strom führt. Da in der Regel Strom als „höherwertiges“ Produkt angesehen wird (hinsichtlich der Erlösstruktur oder auch des Exergieinhaltes; siehe Abschnitt 2.3.3), ist die Aussagekraft dieser Methodik fragwürdig.

### 2.3.2 Wirkungsgradmethode

Die Berechnungsformeln der Wirkungsgradmethode entsprechen jener der IEA-Methode; der wärmebezogene Primärenergieeinsatz gemäß IEA-Methode entspricht hier jedoch dem strombezogenen und umgekehrt:

$$\begin{aligned} W_{Br,th} &= W_{Br} * \frac{\eta_{el}}{\eta_{el} + \eta_{th}} \\ W_{Br,el} &= W_{Br} * \frac{\eta_{th}}{\eta_{el} + \eta_{th}} \end{aligned} \quad (6; 7)$$

Die Vorteile der Wirkungsgradmethode entsprechen jenen der IEA-Methode, die einfache Berechnungsmethodik geht jedoch auch in dieser Variante auf Kosten der Aussagekraft. So wird bei dieser Methode etwa Wärme aus GuD-Kraftwerken (bzw. generell Kraftwerken mit hohem elektrischem und verhältnismäßig niedrigem thermischem Wirkungsgrad) primärenergetisch sehr hoch bewertet.

### 2.3.3 Exergiemethode

In BMVBS (2012) wird die Exergiemethode folgendermaßen beschrieben: *“Das exergetische Allokationsverfahren berücksichtigt, dass Strom eine höhere Wertigkeit aufweist als Wärme und damit einen höheren Teil der Umweltlasten „aufgebürdet“ bekommt. Eine geeignete Kenngröße hierfür ist die Exergie. Exergie ist der Teil der Energie, der sich in einer vorgegebenen Umgebung in jede andere Energieform umwandeln lässt. Wärme hat einen niedrigeren Exergiegehalt als Strom. Strom hat eine exergetische Wertigkeit von 1 ( $\zeta_{el} = 1$ ), da sich die elektrische Energie vollständig in andere Energieformen umwandeln lässt. Für Wärme reduziert sich die exergetische Wertigkeit auf die Höhe des Carnot-Faktors:*

$$\zeta_{th} = \eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_u}{T_A} \quad (8)$$

wobei  $T_A$  die Temperatur des Arbeitsmediums und  $T_u$  die Temperatur der Umgebung ist. Denn dieser Anteil der Wärme ist maximal in technische Arbeit zu verwandeln. Bei Wärmenetzen, die eine Vorlauf- und eine Rücklauf-temperatur haben, wird die sogenannte „thermodynamische Mitteltemperatur“ als  $T_A$  herangezogen:

$$T_A = T_m = \frac{T_{Vorlauf} - T_{Rücklauf}}{\ln\left(\frac{T_{Vorlauf}}{T_{Rücklauf}}\right)} \quad (9)$$

Die Temperaturen sind jeweils in Kelvin einzusetzen, nicht in Celsius. Der Exergie-Allokationsfaktor wird dann bestimmt durch den prozentualen exergetischen Anteil des Zielproduktes an allen bereitgestellten Produkten:

$$\varepsilon_{el} = \frac{\zeta_{el} \cdot \eta_{el}}{\zeta_{el} \cdot \eta_{el} + \zeta_{th} \cdot \eta_{th}} \quad \text{und} \quad \varepsilon_{th} = \frac{\zeta_{th} \cdot \eta_{th}}{\zeta_{el} \cdot \eta_{el} + \zeta_{th} \cdot \eta_{th}} \quad (10; 11)$$

Die Stärke dieser Methode liegt im Wesentlichen darin, dass sich die Wertigkeit der Produkte Strom und Fernwärme in der Höhe der PEF widerspiegelt. Die Anwendbarkeit für stark aggregierte statistische Daten ist jedoch in der Regel nur auf Basis angenommener typischer Temperaturniveaus möglich, was wiederum zulasten der Qualität bzw. Aussagekraft der Ergebnisse geht.

#### 2.3.4 Gutschriftenmethoden (Substitutionsmethoden)

Bei Gutschriftenmethoden werden ein Haupt- und ein Nebenprodukt definiert. Dem Hauptprodukt wird zunächst der gesamte Primärenergieaufwand zugeschrieben (d.h. die Allokationsfaktoren  $\varepsilon_{el}$  und  $\varepsilon_{th}$  werden mit 0 bzw. 1 festgelegt). Für das Nebenprodukt wird ein Referenzsystem definiert, dessen PEF als Referenz herangezogen wird. Im Fall von Strom als Nebenprodukt kann beispielsweise argumentiert werden, dass zusätzlicher Strombedarf durch Importe gedeckt würde, und daher der ENTSO-E-Strommix als Referenzsystem heranzuziehen ist. Die durch die Produktion des Nebenproduktes erreichte Primärenergieeinsparung (z.B. produzierte Strommenge mal PEF des Referenzsystems) wird anschließend dem Hauptprodukt „gutgeschrieben“, d.h. vom Primärenergieaufwand abgezogen.

ÖNORM EN 15316-4-5 schreibt bei der Berechnung des PEF von Fernwärme aus KWK die Verwendung der Stromgutschriftmethode vor:

$$f_{P,dh} = \frac{\sum_i E_{F,i} \cdot f_{P,F,i} - E_{el,chp} \cdot f_{P,el}}{\sum_j Q_{del,j}} \quad (15)$$

$E_{F,i}$	Brennstoffzufuhr (Endenergie) zu den Wärmeerzeugungsanlagen und den KWK-Anlagen im betreffenden System innerhalb des betrachteten Zeitraums (üblicherweise ein Jahr). Diese Energie wird am Abgabepunkt gemessen;
$f_{P,F,i}$	Primärenergiefaktor der Brennstoffzufuhr (Endenergie). Informative Werte für diese Faktoren sind in prEN 15603 oder einem nationalen Anhang angegeben;
$E_{el,chn}$	Stromerzeugung der KWK-Anlagen des betreffenden Systems im betrachteten Zeitraum;
$f_{P,el}$	Primärenergiefaktor des elektrischen Stroms;
$Q_{del,j}$	der auf der Primärseite der Hausstationen der versorgten Gebäude im betrachteten Zeitraum gemessene Wärmeenergieverbrauch;

In Anlehnung an die Norm wird in Theissing und Theissing-Brauhart (2009) für die Berechnung des PEF von Fernwärme ebenfalls die Stromgutschriftenmethode herangezogen, wobei die Stromerzeugung in inländischen, fossilen Kraftwerken als Referenzsystem definiert wird.

Für die Verwendung dieser Allokationsmethode spricht in erster Linie, dass sie bereits in Normen Anwendung findet. Gegen diese Methode spricht, dass die Frage, ob Strom oder Fernwärme das Hauptprodukt von KWK-Anlagen darstellt, im Kontext einer Gesamtbetrachtung der Strom- und Fernwärmeversorgung (wie sie im Rahmen dieser Studie erfolgt) nicht objektiv begründbar ist. Gleichzeitig hat diese Festlegung, ebenso wie die Wahl des Referenzsystems, einen maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse.

Darüber hinaus zeigt sich, dass mittels der Stromgutschriftenmethode berechnete PEF von Fernwärme häufig Werte kleiner 1, und in manchen Fällen sogar Werte kleiner Null aufweisen. Negative Werte sind allerdings aus Plausibilitätsgründen und im Sinne der ÖNORM EN 15316-4-5 gleich Null zu setzen (siehe auch Zach und Simader, 2010). In diesem Fall ist allerdings keine konsistente Bewertung des Gesamtausstoßes von KWK-Anlagen mehr gegeben.

### 2.3.5 Finnische Methode

Die finnische Methode basiert auf der (fiktiven) Primärenergieeinsparung (PEE) von KWK gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme mittels festgelegter Referenzsysteme. Die Berechnung der PEE erfolgt dabei gemäß EU-Richtlinie 2004/8/EG über KWK bzw. EU-Richtlinie 2012/27/EG über Energieeffizienz.

$$PEE = 1 - \frac{1}{\eta_{th}/\eta_{th,Ref} + \eta_{el}/\eta_{el,Ref}}$$

$$W_{Br,th} = W_{Br} * (1 - PEE) * \frac{\eta_{th}}{\eta_{th,Ref}}$$

$$W_{Br,el} = W_{Br} * (1 - PEE) * \frac{\eta_{el}}{\eta_{el,Ref}}$$

(12; 13; 14)

Die Referenz-Wirkungsgrade  $\eta_{th,Ref}$  und  $\eta_{el,Ref}$  sind in der Energieeffizienz-Richtlinie bzw. Durchführungsbeschluss 2011/877/EU definiert und hängen vom Kraftwerkstyp, Brennstoff sowie dem Inbetriebnahmejahr der Anlage ab.<sup>1</sup>

Die Berechnung von PEF gemäß der Finnischen Methode ist verhältnismäßig aufwändig, und zur Berechnung auf Basis statistischer Daten sind Annahmen hinsichtlich repräsentativer Referenzanlagen (bzw. deren Inbetriebnahmejahre) erforderlich, da die Altersstruktur des Anlagenparks in der Regel nicht in einer ausreichend detaillierten Form verfügbar ist.

Die Methode weist jedoch eine wesentliche Stärke auf: Im Vergleich zu den übrigen Allokationsmethoden führt sie zu ausgewogenen und aussagekräftigen Ergebnissen, da nicht nur die Wirkungsgradverhältnisse der jeweiligen KWK-Anlage(n) ausschlaggebend sind, sondern auch die Effizienz der Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zur naheliegenden Alternative einer getrennten Erzeugung von Strom- und Wärme.

Für die im Rahmen dieser Studie zu ermittelnden PEF von Strom und Fernwärme, die in weiterer Folge zur primärenergetischen Bewertung von Effizienzmaßnahmen herangezogen werden sollen, kann daher eine **Empfehlung für die Anwendung der Finnischen Methode** ausgesprochen werden. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass sich diese Empfehlung auf die konkrete Zielsetzung dieser Studie bezieht und nicht als allgemeingültig verstanden werden darf bzw. nicht als Kritik an der Verwendung anderer Allokationsverfahren (wie etwa der Stromgutschriftenmethode in ÖNORM EN 15316-4-5) zu verstehen ist.

---

<sup>1</sup> Die Grundlagen und Annahmen, die den Berechnungen nach der Finnischen Methode im Rahmen dieser Studie zugrunde gelegt wurden, sind im Anhang beschrieben.

### 3 Primärenergiefaktoren

In den folgenden Abschnitten werden die im Rahmen dieser Studie ermittelten PEF für fossile und erneuerbare Energieträger laut Energiebilanz<sup>2</sup> (Abschnitt 3.1) sowie die auf dieser Basis berechneten PEF für elektrische Energie und Fernwärme (3.2) präsentiert.

#### 3.1 Primärenergiefaktoren fossiler und erneuerbarer Energieträger

Die im Rahmen dieser Studie ermittelten PEF der fossilen und erneuerbaren Energieträger basieren im Wesentlichen auf Datensätzen der Ökobilanzdatenbank bzw. -software GEMIS 4.8 (siehe z.B. Fritsche und Schmidt, 2008). Bestehende Prozesse der Datenbank wurden zum Teil adaptiert, um den derzeitigen Rahmenbedingungen in Österreich Rechnung zu tragen. Die folgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung von Literaturdaten mit den im Rahmen dieser Studie ermittelten Werten („AEA, 2012“). Abbildung 2 zeigt eine graphische Gegenüberstellung der Daten. Die vollständige Liste mit sämtlichen Energieträgern laut Energiebilanz befindet sich im Anhang. Die ermittelten Werte sind insbesondere mit aktuellen Literaturdaten für Österreich (Bohenschäfer et al., 2011; Theissing, 2010; Theissing, 2012) weitgehend konsistent.

*Tabelle 1: Gegenüberstellung von Literaturdaten zu PEF fossiler und erneuerbarer Energieträger mit den im Rahmen dieser Studie ermittelten Werten*

	Erdgas	Rohöl	Heizöl S	Heizöl EL	Steinkohle	Braunkohle	Flüssiggas	Hackschnitzel	Holzpellets	Koks	Abfall	Scheitholz
Bohenschäfer et al. (2011) - Mittelwert 2004-2008	1,18	1,05	1,16	1,15	1,05	1,05	1,11	1,07	1,14	1,31	0,00	
GEMIS 4.6 (in Bohenschäfer et al., 2011) - Bezugsjahr 2005	1,18		1,14	1,17	1,06	1,06	1,09	1,05	1,09	1,68	1,00	
ProBas-Datenbank (in Bohenschäfer et al., 2011)	1,17		1,15	1,16	1,06	1,06	1,10	1,06	1,09	1,29	1,00	
Theissing (2010 & 2012)	1,17		1,15	1,17	1,05	1,05	1,11	1,06	1,06	1,68	1,04	
Pölz (2010)	1,21			1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,18	1,13		
DIN V 18599	1,10			1,10	1,10	1,20	1,10	1,20	1,20			
ÖNORM EN 15603: 2008-07	1,36		1,35	1,35	1,19	1,40		1,09	1,09	1,53		1,09
OIB-Richtlinie 6 (Okt. 2011)	1,17		1,23	1,23	1,46							
Frischknecht (2011) - basierend auf EcoInvent 2.2	1,12			1,24				1,14	1,22			
BMVBS (2012)								1,07				1,10
<b>AEA (2012)</b>	<b>1,18</b>	<b>1,04</b>	<b>1,13</b>	<b>1,14</b>	<b>1,06</b>	<b>1,06</b>	<b>1,10</b>	<b>1,06</b>	<b>1,08</b>	<b>1,66</b>	<b>1,02</b>	<b>1,04</b>

<sup>2</sup> Gemäß der Energieträgerklassifikation der Energiebilanz handelt es sich dabei um „Rohenergieträger“ (z.B. Steinkohle, Naturgas, Brennholz, Windkraft etc.) und „abgeleitete Energieträger“ (wie Koks, Dieselkraftstoff, Heizöl etc.). Fernwärme und elektrische Energie stellen gemäß Energieträgerklassifikation ebenfalls einen „abgeleiteten Energieträger“ dar.

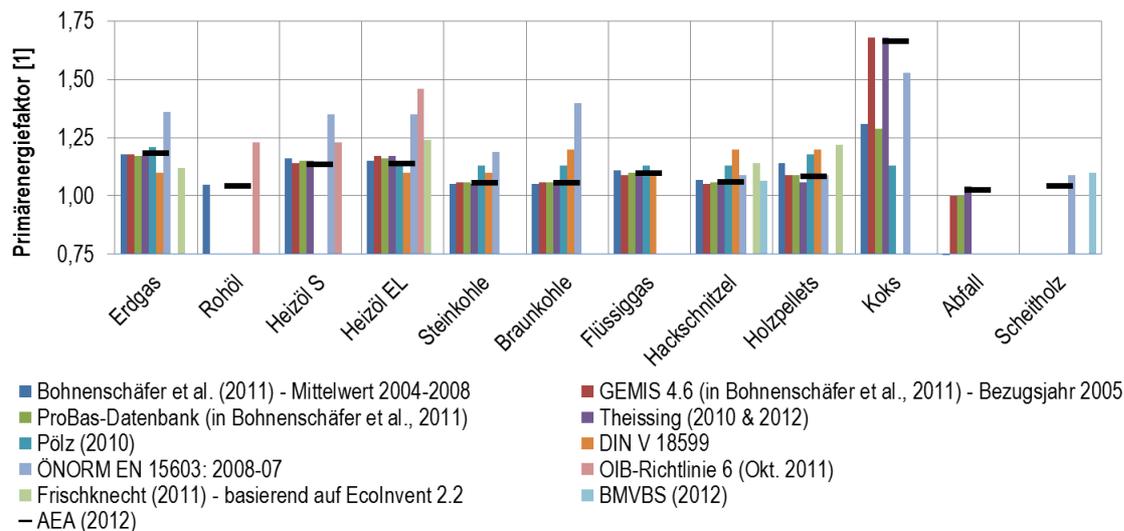


Abbildung 2: Gegenüberstellung von Literaturdaten zu PEF fossiler und erneuerbarer Energieträger mit den im Rahmen dieser Studie ermittelten Werten

## 3.2 Primärenergiefaktoren von Strom und Fernwärme

Auf Basis der im vorigen Abschnitt dargestellten PEF der Energieträger und der Energiebilanz (Statistik Austria, 2013)<sup>3</sup> wurden die PEF des österreichischen Strom- und Fernwärmemixes für verschiedene KWK-Allokationsmethoden berechnet. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2011 dargestellt.

### 3.2.1 Fernwärme

Abbildung 3 zeigt zunächst die getrennt berechneten PEF von Fernwärme aus Heizwerken und KWK-Anlagen, wobei die PEF für KWK-Fernwärme anhand folgender Methoden berechnet wurden: IEA-Methode, Wirkungsgradmethode, Finnische Methode sowie Stromgutschriftenmethode mit vier verschiedenen Referenzsystemen. Wie bereits in Abschnitt 2.3.4 erläutert, hat die Wahl des Referenzsystems einen großen Einfluss auf die Ergebnisse. Je nach Methode bzw. Referenzsystem schwankt der PEF von KWK-Fernwärme im Jahr 2011 zwischen ca. 0,01 und 1,55. Die Finnische Methode liefert für den Zeitraum 2000 bis 2011 Werte zwischen 1,1 und 1,22 (2011: 1,13). Die den Berechnungen nach der Finnischen Methode zugrunde liegenden Daten und Annahmen sind im Anhang (Abschnitt 7.1) beschrieben.

Die „Ausreißer“ im Jahr 2002 sind darauf zurückzuführen, dass es sich um ein überdurchschnittlich warmes Jahr handelte, in dem jedoch wesentlich mehr Strom in KWK-Anlagen erzeugt wurde als in den vorangehenden und folgenden Jahren. Die statistischen Daten deuten darauf hin, dass KWK-Anlagen aufgrund eines verhältnismäßig geringen Fernwärmebedarfs verstärkt stromgeführt betrieben wurden. Der durchschnittliche thermische Wirkungsgrad lag 2002 bei 36%, in allen anderen Jahren des Zeitraums 2000 bis 2011 hingegen über 42%. Diese Verhältnisse haben bei der Berechnung des PEF von Fernwärme aus

<sup>3</sup> Version vom Februar 2013 („gesamtenergiebilanz\_oesterreich\_1970\_bis\_2011\_detailinformation\_029955.xlsx“)

KWK-Anlagen nach der Stromgutschriftenmethode zur Folge, dass eine überdurchschnittlich hohe Stromgutschrift einer verhältnismäßig geringen Fernwärmeerzeugung angerechnet wird. Somit ergibt sich für Fernwärme ein deutlich niedrigerer PEF als in den übrigen Jahren. Bei Anwendung der Wirkungsgradmethode ergibt sich hingegen ein überdurchschnittlich hoher Wert, da sich stromgeführte Betriebsweise negativ auf den Gesamtwirkungsgrad auswirkt.

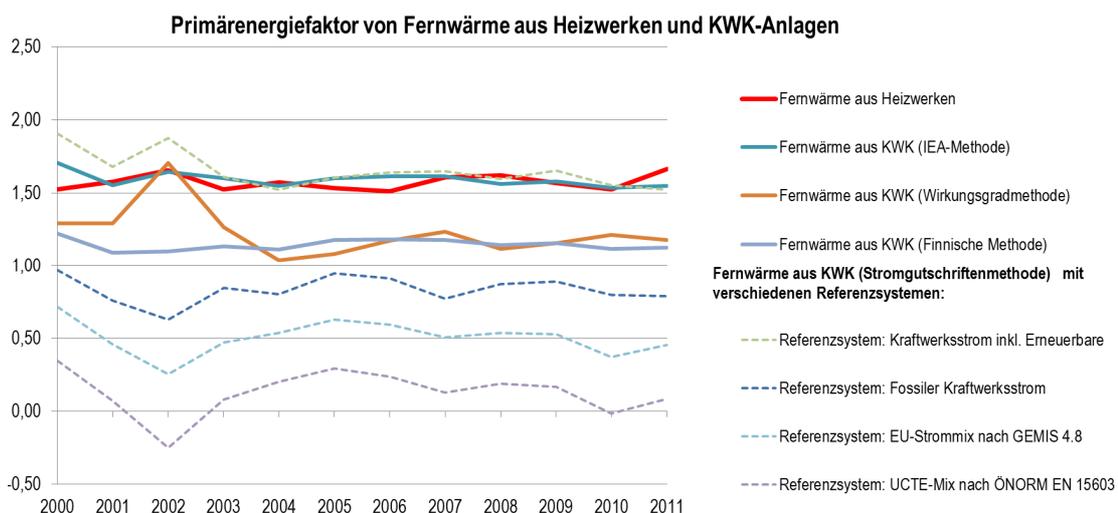
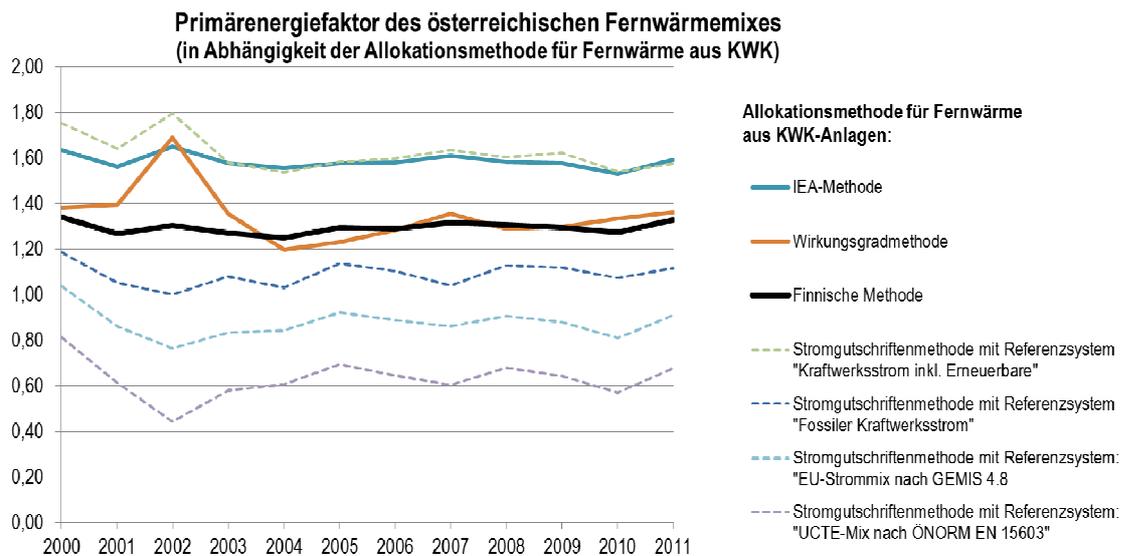


Abbildung 3: Entwicklung des PEF von Fernwärme aus Heizwerken und KWK-Anlagen

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse für den nationalen Fernwärmemix dargestellt. Die Berechnung erfolgte auf Basis der in Abbildung 3 dargestellten Daten und der Zusammensetzung des nationalen Fernwärmemixes laut Energiebilanz (Statistik Austria, 2013). Da mehr als 60 % der in Österreich produzierten Fernwärme auf KWK-Anlagen zurückgeht (2011: 62 %), hat die Wahl der Allokationsmethode einen starken Einfluss auf den PEF des Fernwärmemixes. Bei Anwendung der IEA-Methode ergibt sich für 2011 ein PEF von 1,6, während die Stromgutschriftenmethode unter Annahme des Referenzsystems „UCPE-Mix nach ÖNORM EN 15603“ (PEF: 3,31) einen Wert von 0,68 liefert. Der mittels Finnischer Methode berechnete PEF liegt über den Betrachtungszeitraum 2000 bis 2011 – im Gegensatz zu den Ergebnissen der übrigen Methoden – relativ konstant bei ca. 1,3.



*Abbildung 4: Entwicklung des PEF des österreichischen Fernwärmemixes bei unterschiedlichen KWK-Allokationsmethoden*

### 3.2.2 Strom

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der PEF für Strom aus Kraftwerken (ohne KWK) und KWK-Anlagen, wobei wiederum die Ergebnisse für verschiedene Allokationsmethoden dargestellt sind. Strom aus KWK-Anlagen weist bei jeder Allokationsmethode einen niedrigeren PEF als Strom aus fossilen Kraftwerken ohne KWK auf. Werden auch bzw. ausschließlich Kraftwerke auf Basis erneuerbarer Energieträger betrachtet, so ergeben sich im Fall von Österreich aufgrund des sehr hohen Anteils von Wasserkraft relativ niedrige PEF (Strom aus erneuerbaren und fossilen Kraftwerken: ca. 1,75; Strom aus erneuerbaren Kraftwerken: ca. 1,4). Für Strom aus KWK-Anlagen (erneuerbar und fossil) ergibt sich auf Basis der Finnischen Methode ein PEF von ca. 2,3.

Der leicht steigende Trend bei der Datenreihe „Strom aus Erneuerbaren (ohne KWK)“ resultiert in erster Linie aus dem sinkenden Anteil von Wasserkraft an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Konkret sind es der geringe, aber dennoch zunehmende Anteil von Kraftwerken auf Basis biogener Energieträger (die einen deutlich höheren PEF als Wasserkraft aufweisen) und der im Vergleich zu Wasserkraft geringfügig höhere PEF von Windenergie, die diesen Anstieg zur Folge haben.

Der sehr niedrige Wert der Datenreihe „Strom aus KWK (Wirkungsgradmethode)“ im Jahr 2002 ist auf die bereits erwähnten Verhältnisse bei der Stromerzeugung in KWK-Anlagen in diesem Jahr zurückzuführen: Die statistischen Daten deuten darauf hin, dass KWK-Anlagen verstärkt stromgeführt betrieben wurden. Daraus resultiert bei Berechnung nach der Wirkungsgradmethode ein verhältnismäßig niedriger Strom-PEF, während sich für den PEF von Fernwärme ein deutlich höherer Wert ergibt als in durchschnittlichen Jahren.

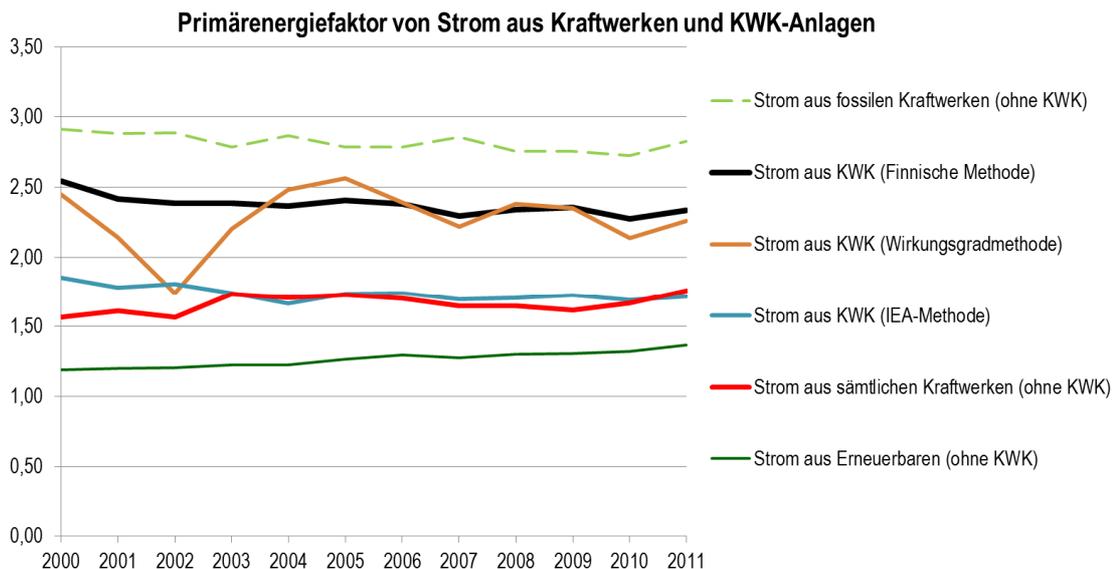


Abbildung 5: Entwicklung des PEF von Strom aus Kraftwerken und KWK-Anlagen

Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse für die inländische Stromerzeugung. Nettoimporte sind hier nicht berücksichtigt. Der PEF der inländischen Stromerzeugung ist dominiert vom PEF von Strom aus Kraftwerken. Trotzdem hat die Wahl der Allokationsmethode für KWK-Strom einen nicht unwesentlichen Einfluss: Abhängig von der Allokationsmethode schwankt der Wert für 2011 zwischen 1,7 und 2,1. Bei Allokation nach der Finnischen Methode ergibt sich für 2011 ein PEF von 1,85.

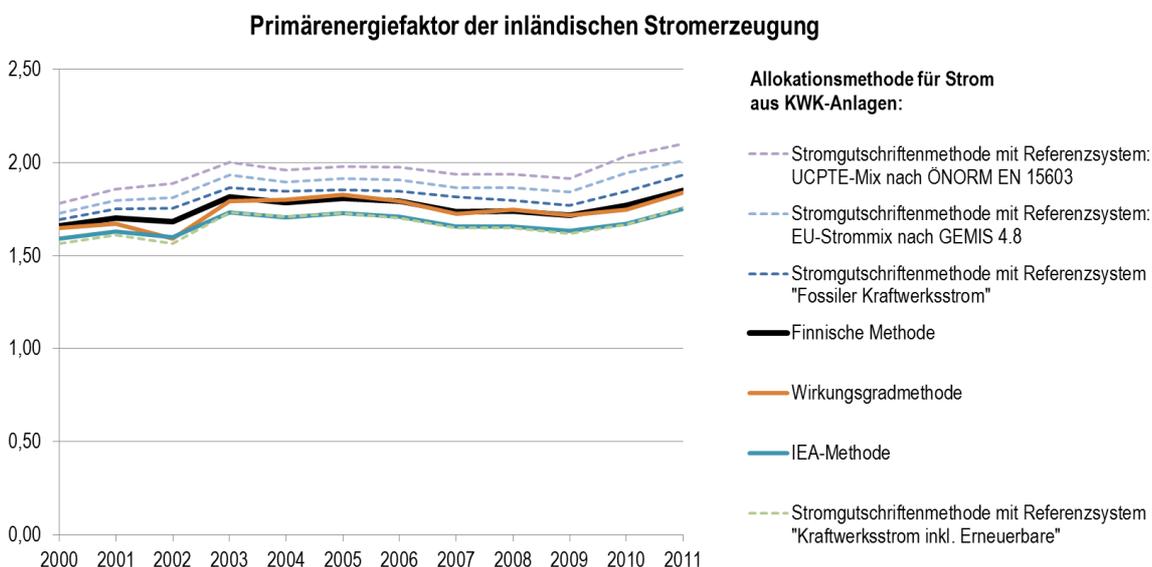


Abbildung 6: Entwicklung des PEF der österreichischen Stromerzeugung bei unterschiedlichen KWK-Allokationsmethoden

Bei der Berechnung des nationalen Strommixes sind neben inländischer Stromerzeugung auch (Netto-) Stromimporte zu berücksichtigen. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde importierter Strom mit dem PEF des UCPTe-Mixes nach ÖNORM EN 15603 bewertet.

Dieser beläuft sich auf 3,31 und ist damit deutlich höher als der PEF der inländischen Stromerzeugung.

Aufgrund der relativ hohen Schwankungen des Importanteils ist der PEF des österreichischen Strommixes deutlich größeren jährlichen Schwankungen unterworfen als jener der inländischen Stromerzeugung (Abbildung 7). Für 2011 ergibt sich auf Basis der Finnischen Allokationsmethode ein Wert von 2,1. Der Mittelwert der Jahre 2009 bis 2011 liegt bei 1,9.

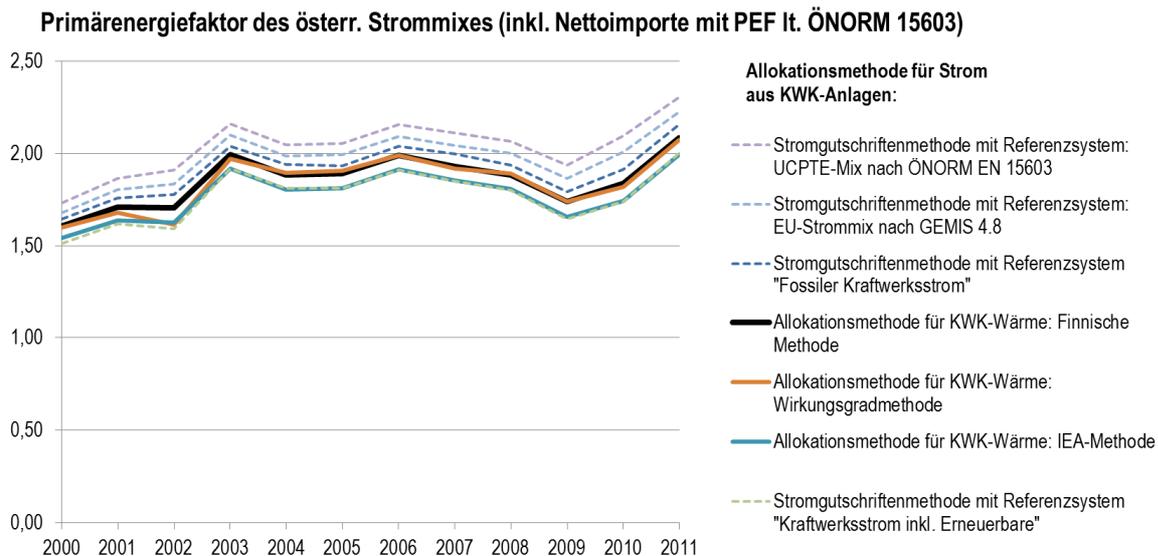


Abbildung 7: Entwicklung des PEF des österreichischen Strommixes bei unterschiedlichen KWK-Allokationsmethoden (PEF der Nettoimporte gemäß ÖNORM 15603 mit 3,31 angesetzt)

Die wichtigsten Berechnungsergebnisse sowie 3-Jahres-Mittelwerte (2009 bis 2011) sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: PEF von Strom und Fernwärme in Österreich im Zeitraum 2000 bis 2011 mit KWK-Allokation gemäß der Finnischen Methode.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Mittelwert 2009-2011
<b>Fernwärme (FW)</b>													
FW aus Heizwerken	1,52	1,58	1,66	1,53	1,57	1,53	1,51	1,61	1,62	1,57	1,53	1,66	1,59
FW aus KWK-Anlagen <sup>(1)</sup>	1,22	1,10	1,10	1,14	1,11	1,18	1,18	1,18	1,14	1,16	1,12	1,13	1,13
Gesamter FW-Mix <sup>(1)</sup>	1,34	1,27	1,30	1,27	1,25	1,30	1,29	1,32	1,31	1,30	1,27	1,33	1,30
<b>Elektrische Energie</b>													
Strom aus Kraftwerken	1,57	1,61	1,57	1,73	1,71	1,73	1,70	1,65	1,65	1,62	1,67	1,76	1,68
Strom aus KWK-Anlagen <sup>(1)</sup>	2,54	2,41	2,38	2,38	2,37	2,41	2,38	2,30	2,34	2,36	2,27	2,33	2,32
Gesamter Strommix <sup>(1,2)</sup>	1,61	1,71	1,71	1,99	1,88	1,89	1,99	1,93	1,89	1,74	1,84	2,08	1,89

Kommentare: 1) Allokation nach Finnischer Methode; 2) PE-Faktor der Netto-Stromimporte: 3,31 (UCPTE-Mix nach ÖNORM EN 15603)

## 4 Zusammenfassung

Im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 2006/32/EG (Endenergieeffizienz- und Energiedienstleistungen) wurde die Österreichische Energieagentur als Monitoringstelle des Bundes unter anderem mit der Entwicklung von Bottom-up-Bewertungsmethoden und dem Aufbau einer Online-Maßnahmendatenbank beauftragt. Mit Hilfe der Datenbank können Energieeffizienzmaßnahmen erfasst und die daraus resultierenden Endenergieeinsparungen auf Basis der Bottom-up-Methoden berechnet werden.

Zur Berechnung der Primärenergieeinsparungen wurden Primärenergiefaktoren (PEF) aller Primär- und Sekundärenergieträger gemäß der Aufteilung der aktuellen Energiebilanz (Statistik Austria, 2013) ermittelt. Die PEF der fossilen und biogenen Energieträger wurden in erster Linie auf Basis von Datensätzen der Ökobilanz-Software GEMIS 4.8 ermittelt, und mit Literaturdaten bzw. Daten aus Normen und Richtlinien gegenübergestellt.

In Tabelle 3 sind die PEF sämtlicher Energieträger der Energiebilanz mit Ausnahme von elektrischer Energie und Fernwärme zusammengefasst. Bei Strom und Fernwärme können hinsichtlich der Bewertung des Umwandlungsausstoßes von KWK-Anlagen verschiedene Allokationsmethoden angewendet werden, und es ist zwischen dem Erzeugungs- und dem Verbrauchsmix („gesamter Strommix“) zu unterscheiden. Bei letzterem sind im Gegensatz zum Erzeugungsmix Netto-Stromimporte bzw. -exporte berücksichtigt. In Tabelle 4 sind sämtliche Berechnungsergebnisse für Strom und Fernwärme zusammengefasst. Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Finnischen Methode als Standardwerte heranzuziehen. Eine Mittelwertbildung über die letzten drei Jahre wird zur Dämpfung statistischer Schwankungen vorgeschlagen.

In weiterer Folge sollte eine jährliche Neuberechnung auf Basis der jeweils letzten drei in der Energiebilanz verfügbaren Jahre erfolgen, und die Standardwerte gegebenenfalls angepasst werden. Eine Anpassung der Standardwerte wird ab einer Abweichung in der Höhe von +/-20% vorgeschlagen.

Tabelle 3: Primärenergiefaktoren sämtlicher Energieträger der Energiebilanz

Energieträger	Primärenergiefaktor	Quelle / Kommentar
Steinkohle	1,057	GEMIS 4.8
Braunkohle	1,057	
Braunkohlen-Briketts	1,058	
Brenntorf	1,058	
Koks	1,664	GEMIS 4.8
Erdöl	1,044	
Sonstiger Raffinerieeinsatz	1,044	GEMIS 4.8 (Wert von Rohöl)
Benzin	1,222	GEMIS 4.8 (adaptierter Prozess)
Petroleum	1,143	GEMIS 4.8
Diesel	1,091	GEMIS 4.8 (adaptierter Prozess)
Gasöl für Heizwecke	1,138	GEMIS 4.8
Heizöl	1,134	
Flüssiggas	1,098	GEMIS 4.8 (adaptierter Prozess)
Sonstige Prod. d. Erdölverarb.	1,135	
Raffinerie-Restgas	1,123	
Mischgas	1,098	GEMIS 4.8
Naturgas	1,182	
Hausmüll nicht erneuerbar	1,025	GEMIS 4.8 (adaptierter Prozess)
Hausmüll Bioanteil	1,025	
Brennbare Abfälle	1,025	
Brennholz	1,044	
Pellets+Holzbriketts	1,083	
Holzabfall	1,060	GEMIS 4.8 (Mix aus diversen Prozessen); ÖNORM EN 15603 2008-07
Holzkohle	3,104	eigene Abschätzung basierend auf Brennholz (GEMIS 4.8)
Biogas	1,777	GEMIS 4.8 (Mix aus Prozessen; Substratmix basierend auf E-Control, 2012)
Bioethanol	1,454	GEMIS 4.8
Biodiesel	1,353	
Sonst. Biogene flüssig	1,198	
Biogene Brenn- u. Treibstoffe	1,060	GEMIS 4.8 (Wert für Holzabfall)
Umgebungswärme	1,657	basierend auf GEMIS 4.8 (Mix aus versch. Systemen; Berücksichtigung des erneuerbaren PE-Bedarfs)
Solarwärme	1,092	GEMIS 4.8
Wasserkraft <=1MW	1,018	GEMIS 4.8
Wasserkraft <=10MW	1,017	
Wasserkraft >10MW	1,015	
Wind	1,048	
Photovoltaik	1,428	
Reaktionswärme, Generatorgas, Gichtgas, Kokereigas, Industrieabfall, Ablaugen, Deponiegas, Klärgas, sonstige Biogene fest, geothermische Energie	1,000	Keine primärenergetische Bewertung der Vorkette

Tabelle 4: Primärenergiefaktoren von Strom und Fernwärme  
(Daten zu den Abbildungen 3 bis 7)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Mittelwert 2009-2011
<b>Fernwärme</b>													
<b>Getrennt berechnete Primärenergiefaktoren von Fernwärme aus Heizwerken und KWK-Anlagen</b>													
Fernwärme aus Heizwerken	1,52	1,58	1,66	1,53	1,57	1,53	1,51	1,61	1,62	1,57	1,53	1,66	1,59
<b>Fernwärme aus KWK-Anlagen nach Allokationsmethode</b>													
IEA-Methode	1,71	1,55	1,64	1,60	1,55	1,60	1,61	1,61	1,56	1,58	1,53	1,55	1,56
Wirkungsgradmethode	1,29	1,29	1,71	1,27	1,04	1,09	1,18	1,24	1,12	1,16	1,22	1,18	1,18
Finnische Methode	1,22	1,10	1,10	1,14	1,11	1,18	1,18	1,18	1,14	1,16	1,12	1,13	1,13
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Fossiler Kraftwerksstrom	0,97	0,76	0,63	0,84	0,80	0,95	0,91	0,77	0,87	0,89	0,80	0,79	0,82
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Kraftwerksstrom inkl. Erneuerbare	1,90	1,68	1,87	1,61	1,52	1,61	1,64	1,65	1,60	1,65	1,55	1,52	1,58
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603 <sup>(2)</sup>	0,35	0,07	0,00	0,08	0,20	0,30	0,24	0,13	0,19	0,17	0,00	0,08	0,08
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: EU-Strommix nach GEMIS 4.8	0,72	0,46	0,25	0,47	0,54	0,63	0,59	0,51	0,54	0,53	0,37	0,45	0,45
<b>Primärenergiefaktoren des österreichischen Fernwärmemixes nach Allokationsmethode</b>													
IEA-Methode	1,63	1,56	1,65	1,58	1,56	1,58	1,58	1,61	1,58	1,58	1,53	1,59	1,57
Wirkungsgradmethode	1,38	1,40	1,69	1,36	1,20	1,23	1,28	1,36	1,29	1,30	1,33	1,36	1,33
Finnische Methode	1,34	1,27	1,30	1,27	1,25	1,30	1,29	1,32	1,31	1,30	1,27	1,33	1,30
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Fossiler Kraftwerksstrom	1,19	1,05	1,00	1,08	1,03	1,14	1,11	1,04	1,13	1,12	1,07	1,12	1,10
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Kraftwerksstrom inkl. Erneuerbare	1,75	1,64	1,79	1,58	1,54	1,58	1,60	1,64	1,61	1,62	1,54	1,58	1,58
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603	0,81	0,61	0,44	0,58	0,61	0,70	0,65	0,61	0,68	0,64	0,57	0,68	0,63
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: EU-Strommix nach GEMIS 4.8	1,04	0,86	0,76	0,84	0,84	0,92	0,89	0,86	0,91	0,88	0,81	0,91	0,87
<b>Strom</b>													
<b>Getrennt berechnete Primärenergiefaktoren von Strom aus Kraftwerken und KWK-Anlagen</b>													
Strom aus sämtlichen Kraftwerken	1,57	1,61	1,57	1,73	1,71	1,73	1,70	1,65	1,65	1,62	1,67	1,76	1,68
Strom aus fossilen Kraftwerken	2,91	2,88	2,89	2,79	2,87	2,78	2,78	2,86	2,76	2,76	2,72	2,83	2,77
Strom aus Erneuerbaren	1,19	1,20	1,20	1,22	1,23	1,27	1,30	1,28	1,30	1,31	1,32	1,37	1,33
<b>Strom aus KWK-Anlagen nach Allokationsmethode</b>													
IEA-Methode	1,85	1,78	1,81	1,74	1,67	1,74	1,74	1,70	1,71	1,73	1,69	1,72	1,71
Wirkungsgradmethode	2,45	2,14	1,74	2,21	2,48	2,56	2,39	2,22	2,38	2,35	2,14	2,26	2,25
Finnische Methode	2,54	2,41	2,38	2,38	2,37	2,41	2,38	2,30	2,34	2,36	2,27	2,33	2,32
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Kraftwerksstrom inkl. Erneuerbare	1,57	1,61	1,57	1,73	1,71	1,73	1,70	1,65	1,65	1,62	1,67	1,76	1,68
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Fossiler Kraftwerksstrom	2,91	2,88	2,89	2,79	2,87	2,78	2,78	2,86	2,76	2,76	2,72	2,83	2,77
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603	3,80	3,83	3,82	3,84	3,83	3,83	3,79	3,74	3,80	3,83	3,85	3,85	3,84
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: EU-Strommix nach GEMIS 4.8	3,27	3,29	3,28	3,30	3,29	3,29	3,26	3,22	3,27	3,29	3,32	3,31	3,31
<b>Primärenergiefaktoren des österreichischen Erzeugungsmixes nach Allokationsmethode</b>													
IEA-Methode	1,59	1,63	1,60	1,73	1,71	1,73	1,71	1,66	1,66	1,63	1,67	1,75	1,69
Wirkungsgradmethode	1,65	1,67	1,59	1,79	1,80	1,83	1,79	1,73	1,75	1,72	1,75	1,84	1,77
Finnische Methode	1,66	1,70	1,68	1,82	1,79	1,81	1,79	1,74	1,74	1,72	1,77	1,85	1,78
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Fossiler Kraftwerksstrom	1,70	1,75	1,76	1,87	1,85	1,86	1,84	1,82	1,80	1,77	1,85	1,93	1,85
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Kraftwerksstrom inkl. Erneuerbare	1,57	1,61	1,57	1,73	1,71	1,73	1,70	1,65	1,65	1,62	1,67	1,76	1,68
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603	1,78	1,86	1,89	2,00	1,96	1,98	1,98	1,94	1,94	1,91	2,04	2,10	2,02
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: EU-Strommix nach GEMIS 4.8	1,73	1,80	1,81	1,93	1,90	1,92	1,91	1,87	1,87	1,84	1,95	2,01	1,93
<b>Primärenergiefaktoren des gesamten Strommixes (inkl. Nettoimporte) nach Allokationsmethode<sup>(1)</sup></b>													
IEA-Methode	1,54	1,64	1,63	1,92	1,81	1,81	1,92	1,85	1,81	1,66	1,75	2,00	1,80
Wirkungsgradmethode	1,60	1,68	1,62	1,97	1,90	1,91	1,99	1,92	1,89	1,74	1,82	2,07	1,88
Finnische Methode	1,61	1,71	1,71	1,99	1,88	1,89	1,99	1,93	1,89	1,74	1,84	2,08	1,89
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Fossiler Kraftwerksstrom	1,65	1,76	1,78	2,04	1,94	1,93	2,04	2,00	1,94	1,80	1,91	2,16	1,95
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: Kraftwerksstrom inkl. Erneuerbare	1,51	1,62	1,59	1,92	1,81	1,81	1,91	1,85	1,80	1,64	1,74	2,00	1,80
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603	1,73	1,87	1,91	2,16	2,05	2,05	2,16	2,11	2,07	1,94	2,10	2,30	2,11
Stromgutschriftmethode mit Referenzsystem: EU-Strommix nach GEMIS 4.8	1,68	1,81	1,84	2,10	1,99	1,99	2,09	2,04	2,00	1,87	2,01	2,23	2,03

Kommentare: 1) PE-Faktor der Netto-Stromimporte: 3,31 (UCTE-Mix nach ÖNORM EN 15603); 2) Negative Werte wurden definitionsgemäß Null gesetzt

## 5 Abkürzungen

AEA.....	Austrian Energy Agency (Österreichische Energieagentur)
BMVBS .....	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Deutschland)
ENTSO-E.....	European Network of Transmission System Operators for Electricity (Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber)
GEMIS .....	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
IEA .....	International Energy Agency
KEA.....	Kumulierter Energieaufwand
KWK.....	Kraft-Wärme-Kopplung
MonMech.....	Monitoring Mechanismus gemäß Entscheidung der Europäischen Kommission 280/2004/EC
PEE.....	Primärenergieeinsparung
PEF.....	Primärenergiefaktor
UCPTE.....	Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité (Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes Elektrischer Energie)
UCTE .....	Union for the Coordination of the Transmission of Electricity (Union für die Koordinierung des Transports von Elektrizität)
ZAMG .....	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## 6 Literatur

- BMVBS, 2012. Primärenergiefaktoren von biogenen Energieträgern, Abwärmquellen und Müllverbrennungsanlagen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Berlin.
- Bohenschäfer, W., Ebert, M., Gansler, J., Schröder, G., 2011. Primärenergiefaktoren, Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffe. Energieträgerspezifische Analysen für Österreich. Leipziger Institut für Energie GmbH, Österreichs Energie, Leipzig.
- Europäische Kommission, (2011). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on energy efficiency and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EV. Brussels 22.6.2011.
- Fritsche, U., Schmidt, K., 2008. Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS). Manual. Öko-Institut (Institute for Applied Ecology), Darmstadt.
- Mauch, W., Corradini, R., Wiesemeyer, K., Schwentzek, M., 2010. Allokationsmethoden für spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 55.
- Österreichische Energieagentur (2009). Szenarien für die öffentliche Strom- und Fernwärmeaufbringung in Österreich, 2009.
- Österreichische Energieagentur (2010). Österreichische Energiestrategie: Quantitative und qualitative Evaluierung der Maßnahmen insbesondere im Hinblick auf Energiewirtschaft – Erstevaluierung, 2010.
- Österreichisches Institut für Bautechnik, (2011). OIB – Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe Oktober 2011.
- Pfeifroth, P., Beer, M., 2009. Primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus KWK. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE).
- Pölz, W., 2010: Chancen und Grenzen eines Bewertungssystems auf Basis der Primärenergie. Umweltbundesamt, Vortrag vom 20.05.2010, Graz.
- Statistik Austria, 2013. Website von Statistik Austria - Energiebilanzen. URL [http://www.statistik.at/web\\_en/statistics/energy\\_environment/energy/energy\\_balance\\_s/index.html](http://www.statistik.at/web_en/statistics/energy_environment/energy/energy_balance_s/index.html) (letzter Zugriff im Februar 2013).
- Theissing, M., 2010. Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktoren von Energieträgern. Vortrag im Rahmen der Fernwärmetag 2010, 18.03.2010, Villach.
- Theissing, M., 2012. CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiefaktor der Fernwärme in Österreich. Vortrag im Rahmen der Fernwärmetag 2012, 22.3.2012, Wels.
- Theissing, M., Theissing-Brauhart, I., 2009. Primärenergie- und CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren von Energieträgern in Fernwärmesystemen. Technisches Büro für Maschinenbau Dipl.-Ing. Dr. Matthias Theissing, Graz.
- Umweltbundesamt (2009a). GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria; Reporting under Decision 280/2004/EC, REP-0227, 2009.
- Umweltbundesamt (2009b). Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms, Synthesebericht, REP-0237, 2009.
- Zach, F., Simader, G., 2010. Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Fernwärmeerzeugung der Fernwärme Wien GmbH. Austrian Energy Agency, Wien.

## 7 Anhang

### Grundlagen der Berechnung nach der Finnischen Methode

Zur Berechnung von Primärenergieeinsparungen gemäß Annex II der EU-Richtlinie 2012/27/EG über Energieeffizienz (siehe Formel 12) wurden im Durchführungsbeschluss der Kommission (2011/877/EU) Wirkungsgrad-Referenzwerte für die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme festgelegt. Die Referenzwerte hängen von der Art des Brennstoffs, dem Baujahr der betrachteten Anlage und der Jahresdurchschnittstemperatur am Standort ab.

Da keine ausreichend detaillierten Daten über die Altersstruktur und Standorte des Anlagenbestandes verfügbar sind, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie in Abstimmung mit dem Auftraggeber folgende Annahmen getroffen: Es wird unterstellt, dass das durchschnittliche Alter von KWK-Anlagen im betrachteten Zeitraum 6 Jahre beträgt. D.h. der Jahresbezug des in der Berechnung von Primärenergieeinsparungen heranzuziehenden Referenzwirkungsgrades wurde mit  $(T - 6)$  festgelegt, wobei T das aktuelle Jahr repräsentiert. Zur Berechnung des Korrekturfaktors für die klimatischen Bedingungen (gemäß Anhang III des Durchführungsbeschlusses 2011/877/EU) wurde die Jahresdurchschnittstemperatur an Kraftwerksstandorten auf Basis von Daten der ZAMG mit 9°C abgeschätzt.

Unter diesen Annahmen ergeben sich aus den Daten der Energiebilanz (Statistik Austria, 2013) die in Tabelle 3 dargestellten energieträgerspezifischen Primärenergieeinsparungen. Konkret handelt es sich dabei um die durchschnittlichen relativen Einsparungen sämtlicher KWK-Anlagen des jeweiligen Brennstofftyps. Aufgrund der teilweise recht niedrigen elektrischen bzw. gesamten Wirkungsgrade ergeben sich für verschiedene Anlagentypen in einigen Jahren negative Werte (z.B. bei Anlagen auf von Basis von Holzabfall im Jahr 2005). In diesen Fällen wäre die getrennte Strom- und Wärmeerzeugung unter Zugrundelegung der Referenzwirkungsgrade hinsichtlich des Primärenergiebedarfs effizienter gewesen – für die Berechnung des PEF spielt dies jedoch keine Rolle.

*Tabelle 5: Brennstoffspezifische Primärenergieeinsparungen durch KWK-Anlagen (Berechnung nach RL 2012/27/EG auf Basis der Energiebilanz und der harmonisierten Referenzwirkungsgrade gemäß Durchführungsbeschluss 2011/877/EU)*

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Steinkohle	15%	13%	14%	13%	13%	13%	13%	14%	8%	10%	13%	14%
Braunkohle	26%	29%	29%	30%	28%	23%	5%					
Öl	22%	22%	22%	17%	18%	17%	14%	10%	10%	11%	13%	8%
Naturgas	8%	15%	16%	16%	18%	18%	12%	14%	16%	17%	19%	16%
Kohlegase	23%	10%	13%	24%	9%	12%	11%	7%	24%	8%	9%	26%
Brennbare Abfälle	19%	46%	37%	37%	32%	33%	33%	34%	30%	32%	29%	27%
Hausmüll Bioanteil						9%	7%	7%	9%	21%	34%	29%
Holzabfall (bis 2004: Biogene ges.)	43%	48%	47%	46%	41%	-13%	26%	21%	20%	17%	21%	23%
Ablaugen						46%	49%	54%	48%	44%	48%	46%
Klärgas						30%	29%	28%	12%	33%	16%	23%
Biogas						15%	19%	28%	28%	26%	29%	34%
Flüssige Biogene						-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	11%	25%
Sonst. Biogene fest						16%	0%	1%	4%	10%	15%	17%





Versorgungssicherheit  
Wettbewerbsfähigkeit  
Nachhaltigkeit  
Perspektiven

