

Berlin, 24. November 2022

**BDEW Bundesverband  
der Energie- und  
Wasserwirtschaft e.V.**

Reinhardtstraße 32  
10117 Berlin

[www.bdew.de](http://www.bdew.de)

## Fakten und Argumente

# Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren

## Zusammenhänge von Primärenergie und Endenergie in der energetischen Bewertung

Der BDEW ist im Lobbyregister für die Interessenvertretung gegenüber dem Deutschen Bundestag und der Bundesregierung sowie im europäischen Transparenzregister für die Interessenvertretung gegenüber den EU-Institutionen eingetragen. Bei der Interessenvertretung legt er neben dem anerkannten Verhaltenskodex nach § 5 Absatz 3 Satz 1 LobbyRG, dem Verhaltenskodex nach dem Register der Interessenvertreter (europa.eu) auch zusätzlich die BDEW-interne Compliance Richtlinie im Sinne einer professionellen und transparenten Tätigkeit zugrunde. Registereintrag national: R000888. Registereintrag europäisch: 20457441380-38

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Berlin, und seine Landesorganisationen vertreten über 1.900 Unternehmen. Das Spektrum der Mitglieder reicht von lokalen und kommunalen über regionale bis hin zu überregionalen Unternehmen. Sie repräsentieren rund 90 Prozent des Strom- und gut 60 Prozent des Nah- und Fernwärmeabsatzes, 90 Prozent des Erdgasabsatzes, über 90 Prozent der Energienetze sowie 80 Prozent der Trinkwasser-Förderung und rund ein Drittel der Abwasser-Entsorgung in Deutschland.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>4</b>
2.1	Energiedefinitionen und -begriffe.....	4
2.1.1	Energie .....	4
2.1.2	Primärenergie .....	4
2.1.3	Primärenergieverbrauch .....	4
2.1.4	Primärenergiefaktor (PEF) .....	6
2.1.5	Sekundärenergie .....	6
2.1.6	Endenergie .....	6
2.1.7	Nutzenergie.....	7
2.2	Erneuerbare und nicht-erneuerbare Anteile der Primärenergiefaktoren.....	7
2.3	Zusammenhang zwischen kumulierten Energieverbrauch und PEF.....	8
<b>3</b>	<b>Verwendung der Primärenergiefaktoren .....</b>	<b>8</b>
3.1	Bewertung des deutschen Strommix.....	8
3.2	Primärenergiefaktoren in der EU.....	9
3.3	Primärenergiefaktoren im nationalen Energieeinsparrecht für Gebäude.....	9
3.4	Sonderfall Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) .....	12
3.4.1	Arbeitswertmethode.....	12
3.4.2	Exergetische Methode (auch Carnot Methode) .....	12
3.4.3	Stromgutschriftmethode .....	13
3.4.4	Finnische Methode .....	15
3.5	Sonderfall Fernwärme.....	15
3.6	Erneuerbare und dekarbonisierte Gase.....	16
3.6.1	Biogas/Biomethan.....	16
3.6.2	Wasserstoff .....	17
<b>4</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>20</b>

## 1 Einführung

Energie stellt in jeder Industriegesellschaft die unverzichtbare Grundvoraussetzung für Wachstum, Wohlstand und Sicherheit dar. Die Energiewirtschaft ist der Dienstleister für eine sichere, nachhaltige Versorgung, deren Effizienz und Treibhausgasemissionen durch naturgesetzliche Gegebenheiten sowie wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen bestimmt werden.

Der BDEW treibt die Lösungen für die gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen der Energieversorgung voran und setzt sich mit seinen Mitgliedsunternehmen für mehr Klima- und Umweltschutz ein. Für Deutschland ist das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) mit den darin verankerten Sektorenzielen maßgeblich. Zentrale Elemente des KSG sind die Reduktion von Treibhausgasen um 65 Prozent bis zum Jahr 2030 gegenüber 1990 sowie das Ziel einer Treibhausgasneutralität im Jahr 2045<sup>1</sup>.

Die in diesem Grundlagenpapier behandelten Primärenergiefaktoren (PEF) zeigen, welche Menge an Primärenergie aufzuwenden ist, um eine bestimmte Endenergiemenge bereitzustellen. PEF sind in der europäischen und nationalen Energieeffizienz-Gesetzgebung Teil der energetischen Bilanzierungen sowie die Grundlage für Bauvorschriften und Technikausstattungen. Investitionen, Fördertatbestände, das Energiemanagement und die Energieberatung richten sich an dieser Kenngröße aus.

Das vorliegende Grundlagenpapier vermittelt zunächst die wichtigsten Energiedefinitionen und -begriffe. Darauf aufbauend werden unterschiedliche Bilanzrahmen von PEF und deren Anwendung erläutert.

---

<sup>1</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2021/10/14-neues-klimaschutzgesetz.html>, 25.03.2022

## 2 Grundlagen

### 2.1 Energiedefinitionen und -begriffe

#### 2.1.1 Energie

Als Energie bezeichnet man physikalisch die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten oder Wärme abzugeben. Im energiewirtschaftlichen Sinn werden gasförmige Brennstoffe wie Erdgas, flüssige Kraftstoffe, Strom und feste Energieträger wie Holz und Kohle als Energie bezeichnet.

#### 2.1.2 Primärenergie

Primärenergie ist der Energiegehalt eines Energieträgers bzw. eines Rohstoffes, der noch keiner Umwandlung unterworfen wurde. Primärenergieträger werden nach fossil (z. B. Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle), nuklear (z. B. Uran) und regenerativ (z. B. Sonnenenergie, Biomasse, Wind- und Wasserkraft sowie Geothermie) unterschieden.

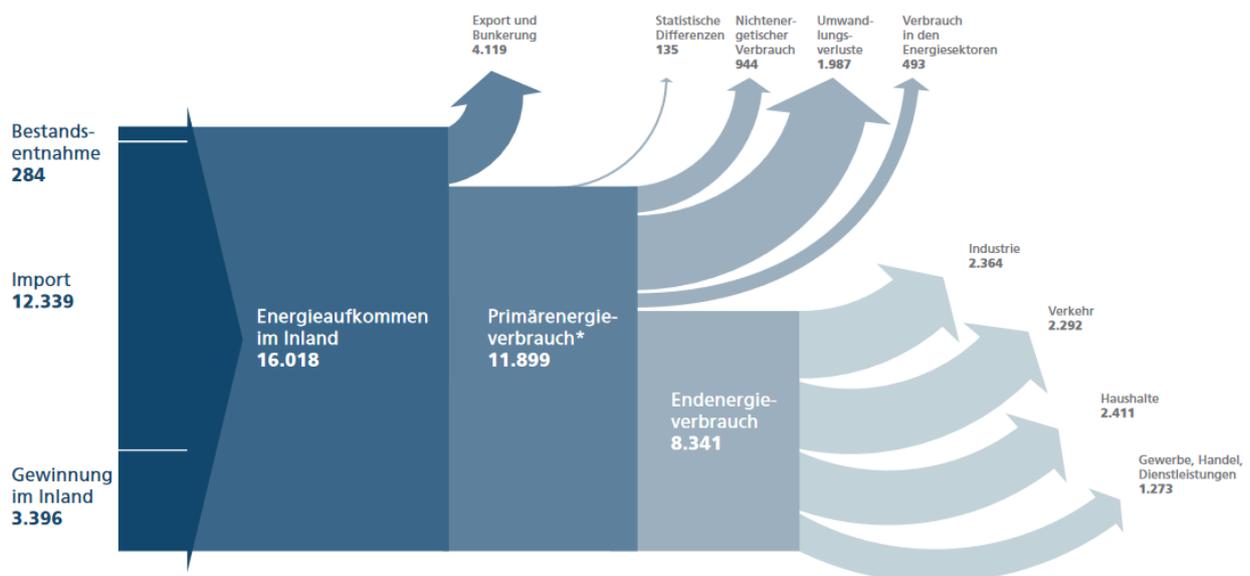


Abbildung 1: Energieflussbild 2020 für die Bundesrepublik Deutschland in Petajoule (AGEB 2021)

#### 2.1.3 Primärenergieverbrauch

Die Menge der notwendigen Primärenergie für einen bestimmten Vorgang nennt man Primärenergieverbrauch. Er lässt sich aus dem Endenergieverbrauch und dem zugehörigen Primärenergiefaktor bestimmen und ist ein wichtiger Indikator für den Ressourcenverbrauch.

Das Umweltbundesamt (UBA) definiert den Primärenergieverbrauch wie folgt:

„Der Primärenergieverbrauch (PEV) bezeichnet den Energiegehalt aller im Inland eingesetzten Energieträger. Der Begriff umfasst sogenannte Primärenergieträger, wie zum Beispiel Braunkohlen und Steinkohlen, Mineralöl oder Erdgas, die entweder direkt genutzt oder in sogenannte Sekundärenergieträger wie zum Beispiel Kohlebriketts, Kraftstoffe, Strom oder Fernwärme umgewandelt werden. Berechnet wird er als Summe aller im Inland gewonnenen Energieträger zuzüglich des Saldos der importierten/exportierten Mengen sowie der Bestandsveränderungen abzüglich der auf Hochsee gebunkerten Vorräte.“<sup>2</sup>

Der Energieverbrauch, genauer der Primärenergieverbrauch (PEV) eines Landes stellt folglich die Summe der Energiegewinnung im eigenen Land, bereinigt um den Einfuhr- bzw. Ausfuhrsaldo und den Saldo von Ein- und Ausspeicherungen von Energie in Energiespeicher dar. Als Primärenergie werden alle Energien bezeichnet, die ohne vorherige Umwandlung in ihrer Ursprungsform vorhanden sind wie z. B. Windenergie, Braunkohle oder auch Kernenergie.

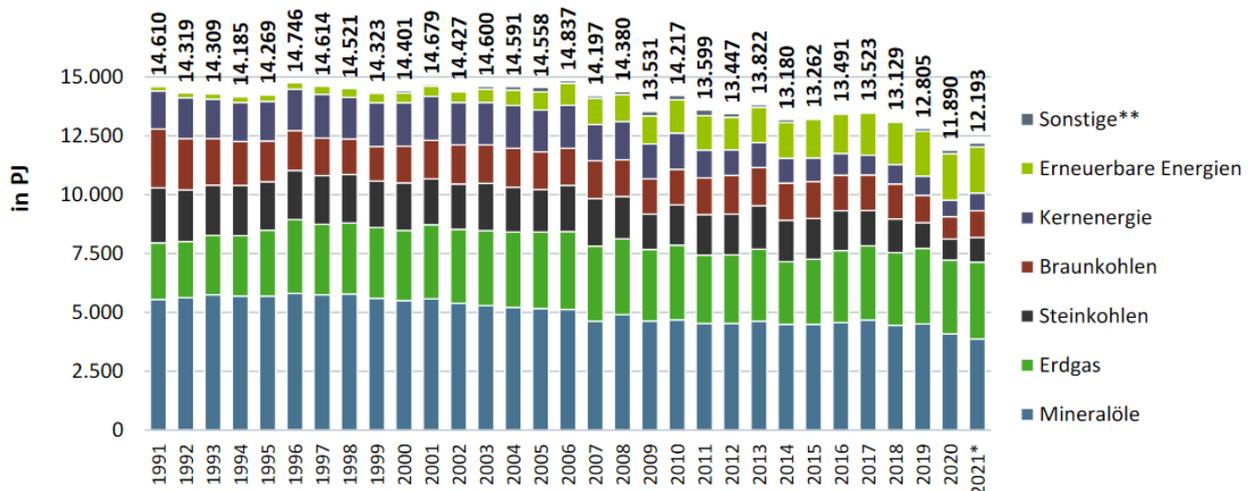


Abbildung 2: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Petajoule nach Energieträgern in Deutschland (eigene Darstellung)

<sup>2</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#definition-und-einflussfaktoren>, 17.01.2022

### 2.1.4 Primärenergiefaktor (PEF)

Primärenergiefaktoren (PEF) geben an, welche Menge an Primärenergie aufzuwenden ist, um eine bestimmte Endenergiemenge bereitzustellen. Sie beziehen auch die Energiemengen mit ein, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweils eingesetzten Energieträgers entstehen.

Sie sind ein Werkzeug der energetischen Bilanzierung und finden unter anderem Anwendung in der Bewertung des Primärenergieeinsatzes sowie der Darstellung von Klimaschutzeffekten. PEF kommen beispielsweise im Gebäudeenergiegesetz, in der Norm DIN V 18599 zur energetischen Bewertung von Gebäuden, im übertragenen Sinne im Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-G) und in weiteren Rechtsnormen vor.

Der dimensionslose Primärenergiefaktor wurde mit der Energieeinsparverordnung im Jahre 2002 eingeführt und dient dazu, den Jahresprimärenergiebedarf von Gebäuden zu bestimmen.

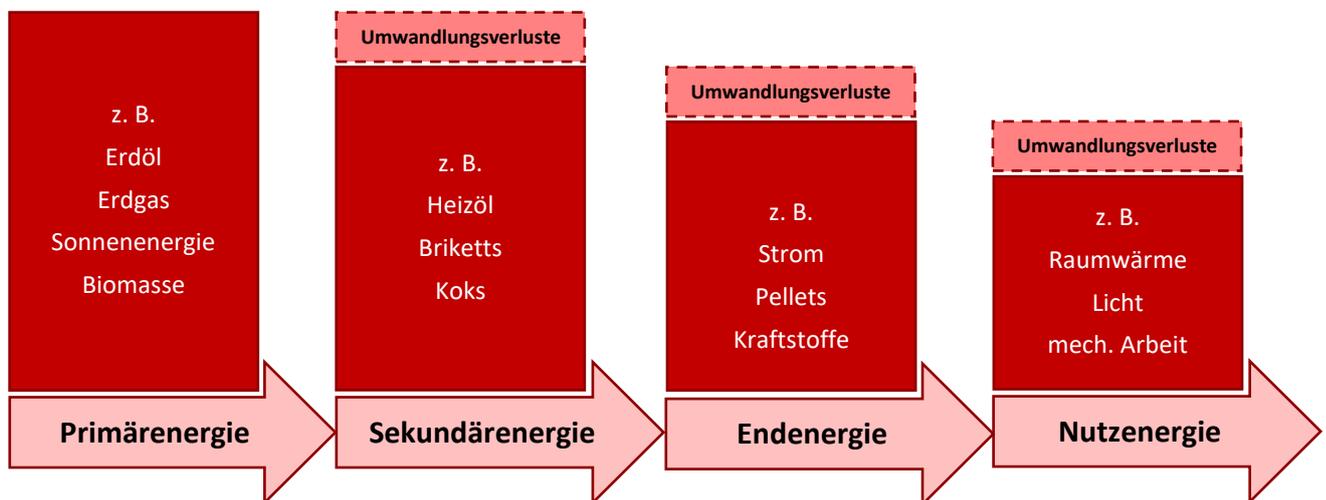


Abbildung 3: Von der Primär- zur Nutzenergie (eigene Darstellung)

### 2.1.5 Sekundärenergie

Primärenergie wird aus Gründen der Nutzbarkeit in Sekundärenergie umgewandelt, die einfacher zu transportieren, verteilen, lagern und letztendlich zu nutzen ist. Sekundärenergie kann dabei in Form leitungsgebundener Energie z. B. Strom oder in Form von Produkten wie Benzin vorkommen.

### 2.1.6 Endenergie

Unter Endenergie wird Energie verstanden, die – nach verlustbehafteter Gewinnung, Aufbereitung, Umwandlung und Transport – beim Verbraucher zur Verfügung gestellt wird. Endenergieträger sind beispielsweise Erdgas, Heizöl, Pellets, Strom, Fernwärme/Fernkälte oder Kraftstoffe. Im Sinne einer Gebäudeenergiebilanz ist die Endenergie die am jeweiligen Zähler gemessene bzw. abgerechnete Energie.

### 2.1.7 Nutzenergie

Nutzenergie ist die Energie, die am Ende der Umwandlung und Verteilung zur Nutzung/Anwendung zur Verfügung steht, z. B. Wärme im genutzten Raum, Warmwasser, mechanische Energie oder Licht.

### 2.2 Erneuerbare und nicht-erneuerbare Anteile der Primärenergiefaktoren

Wie einführend beschrieben, geben PEF an, welche Menge an Primärenergie aufzuwenden ist, um eine bestimmte Endenergiemenge bereitzustellen. Einige PEF, zum Beispiel in der DIN V 18599, unterscheiden zwei Anteile: „insgesamter Anteil“ und „nicht-erneuerbarer Anteil“ der PEF.

In technischen Normen der Gebäudeplanung wird „Erneuerbare Energie“ als Energie aus Quellen definiert, die nicht im Laufe der Existenz der Menschheit verbraucht werden, z. B. die Solarenergie (thermisch, photovoltaisch, beleuchtungstechnisch), Wind-, Wasser-, Biomasseenergie oder Geothermie. Der erneuerbare Anteil von Umweltenergien (Solarenergie, Umgebungswärme usw.) wird mit 100 Prozent, also mit dem Primärenergiefaktor von 1 bewertet. Ihr nicht erneuerbarer Anteil ( $PEF_{NE}$ ) wird mit Null bewertet. Somit ergibt sich beispielhaft:

- › Der erneuerbare Anteil von fossilen Energien (Heizöl, Steinkohle, Erdgas usw.) wird mit Null bewertet. Ihr nicht erneuerbarer Anteil wird einheitlich für diese Energieträger mit dem Faktor 1,1 bewertet. Dies berücksichtigt einen Anteil von 10 Prozent für die Vorketten. Für Braunkohle gilt ein PEF von 1,2.
- › PEF von erneuerbaren Energieträgern unterscheiden sich insgesamt vom  $PEF_{NE}$  (dem nicht-erneuerbaren Anteil). Somit hat beispielsweise Holz einen PEF-Wert von 1,2. Der nicht erneuerbare Anteil (Fällen, Verarbeitung, Transport) wird dabei mit 20 Prozent bewertet und ergibt einen  $PEF_{NE}$  von 0,2. Der PEF von Biogas hat einen Wert von 1,4. Der nicht erneuerbare Anteil wird nach DIN V 18599:2018 mit 0,4 bewertet.

Für die primärenergetische Bewertung von Gebäuden gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind lediglich die Werte der nicht erneuerbaren Anteile heranzuziehen. Darüber hinaus schreibt das GEG eigene, nicht physikalisch herleitbare PEF vor.

## 2.3 Zusammenhang zwischen kumulierten Energieverbrauch und PEF<sup>3</sup>

In Deutschland können Berechnungen zum Primärenergieaufwand von Energiesystemen auf Grundlage des „kumulierten Energieverbrauchs“ (KEV) mit dem Computermodell GEMIS durchgeführt werden.

Der KEV wird dabei differenziert in

- einerseits den gesamten kumulierten Energie-Verbrauch ( $KEV_{ges}$ ) und
- andererseits den nicht-erneuerbaren KEV ( $KEV_{NE}$ ).

Der  $KEV_{NE}$  stellt eine quantitative Größe dar, die als „Brücke“ zu den PEF dienen kann. Der  $KEV_{NE}$  bezieht aber aufgrund der ökobilanziellen Berechnungsweise auch Hilfsenergien bei der Nutzung von Energieträgern zur Wärmebereitstellung (z. B. Gebläse- und Pumpstrom) sowie den Herstellungsaufwand, z. B. von Heizsystemen, mit ein. Im  $PEF_{NE}$  werden diese Faktoren dagegen nicht berücksichtigt – sie sind jedoch quantitativ von geringer Bedeutung. So sind Angaben zu  $KEV_{NE}$ -Werten zwar keine  $PEF_{NE}$ , aber sie geben die möglichen Entwicklungskorridore künftiger  $PEF_{NE}$  wieder und entsprechen, gerundet auf eine Nachkommastelle, den PEF-Werten.

## 3 Verwendung der Primärenergiefaktoren

### 3.1 Bewertung des deutschen Strommix

Anhand des kumulierten Energieaufwands für eine durchschnittliche Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix kann ein PEF abgeleitet werden. Die Bilanzierungen können mit dem Computermodell GEMIS erfolgen, das alle Basisdaten enthält. 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.

---

<sup>3</sup> Auszüge aus „Auswirkungen veränderter Bewertungsmaßstäbe für Heizenergieträger auf dem Wärmemarkt“ (IINAS 2018).

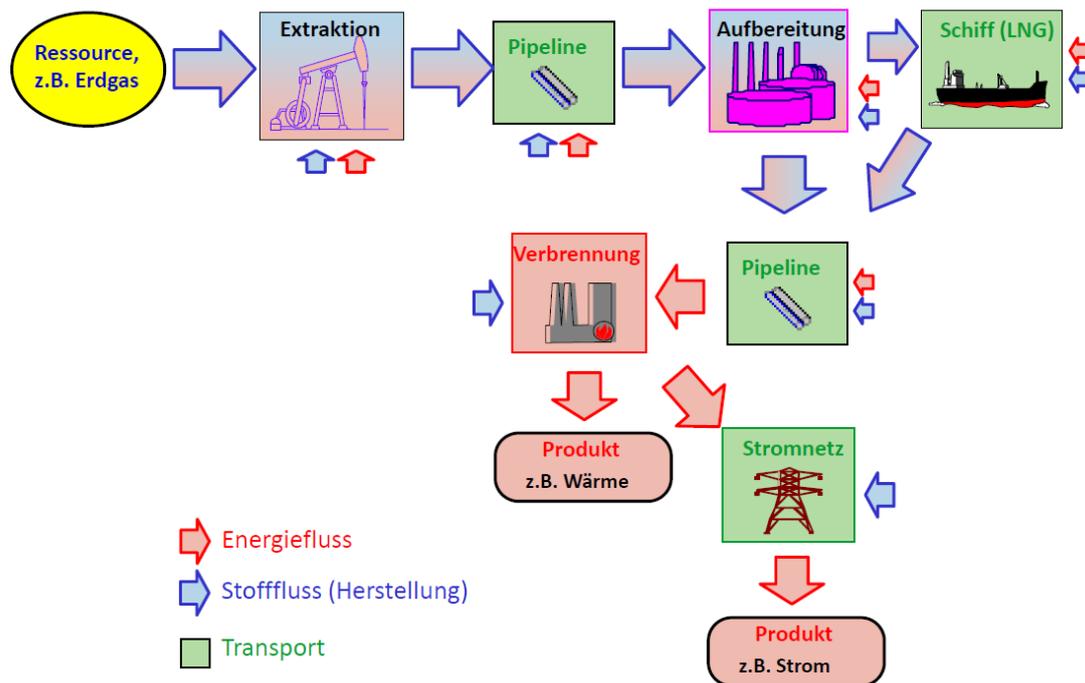


Abbildung 4: Prozesskettendarstellung in GEMIS (IINAS 2022)

Als Grundlage für die Bilanzierung des nichterneuerbaren Energieverbrauchs werden notwendige Basisdaten zum deutschen nationalen Stromerzeugungsmix des jeweiligen Bezugsjahres auf Basis von Statistiken genutzt und Anteile der Kraftwerkstypen (nach Brennstoffen) sowie die Entwicklung der Nutzungsgrade sowie der Vorketten ermittelt.

### 3.2 Primärenergiefaktoren in der EU

Auf europäischer Ebene werden PEF in verschiedenen Richtlinien angewandt, u. a. in der Energieeffizienzrichtlinie sowie in einigen Verordnungen zur Umsetzung der Öko-Design-Richtlinie und der Energiekennzeichnungsrichtlinie. Die Gebäudeenergieeffizienz-Richtlinie (EPBD) sieht die Berechnung des Primärenergieverbrauchs auf der Grundlage von Primärenergiefaktoren je Energieträger vor. Anwendung können dabei gewichtete nationale oder regionale Jahresdurchschnittswerte oder spezifische, auf die Erzeugung am Standort gestützte, Werte finden.

Die Herleitung der PEF geschieht auf Grundlage nationaler Berechnungslogiken. Ausnahmen bilden die Verwendung europäischer PEF, z. B. in der Ökodesign-Rahmenrichtlinie oder der Energieeffizienzrichtlinie.

### 3.3 Primärenergiefaktoren im nationalen Energieeinsparrecht für Gebäude

PEF sind als „Energieeffizienzkennwert“ ein Werkzeug der energetischen Bilanzierung und finden unter anderem Anwendung in der Bewertung des Primärenergieeinsatzes sowie der Darstellung von

Klimaschutzeffekten. Für die Darstellung der PEF in der Gebäudeplanung sind parallel zu den oben genannten Definitionen die Zusammenhänge aus den Planungsnormen relevant:

Für die zweckgemäße Nutzung von Gebäuden ist Nutzenergie zum Beispiel für die Erwärmung von Trinkwasser, die Beheizung der Räume oder die Beleuchtung erforderlich. Die Nutzenergie wird aus Endenergie (Erdgas, Strom, Heizöl usw.) erzeugt, wobei die Endenergie die Verluste bei der Bereitstellung der Nutzenergie und gegebenenfalls Gewinne beispielsweise aus dem Einsatz Erneuerbarer Energien berücksichtigt. Die Endenergie wird für jeden Energieträger separat berechnet. Als Systemgrenze für die Endenergie gilt in der Regel zunächst die Gebäudeaußenhülle, faktisch betrachtet man die am Zähler im Hausanschlussraum gemessene Energie (z. B. Strom), bzw. gelieferte und gespeicherte Brennstoffe (Heizöl, Holzpellets).

Der Endenergiebedarf eines Gebäudes bezieht im Gegensatz zu einem Jahresprimärenergiebedarf keine Vorketten in die energetische Bilanzierung mit ein, so bedient sich auch das Gebäudeenergiegesetz der Hauptanforderungsgröße eines Jahresprimärenergiebedarfs. Die Primärenergie enthält neben dem Endenergiebedarf die vorgelagerten Prozessketten (Vorketten) außerhalb der Systemgrenze der Endenergie. Dazu zählen beispielsweise Gewinnung, Umwandlung, Lagerung, Transport und Verteilung des verwendeten Energieträgers.

Die Verluste bei der Bereitstellung der Nutzenergie sind mit der Planung eines Gebäudes in gewissem Umfang beeinflussbar. Bei einem Heizsystem beispielsweise durch die Auswahl eines Niedertemperatursystems, der eingesetzten Energieträger und weiterer Maßnahmen. Demgegenüber hat der Planer im Rahmen der Gebäudeplanung keinen unmittelbaren Einfluss auf die Vorketten der Energieerzeugung.

In der Gebäudeplanung wird der benötigte Primärenergiebedarf als Produkt aus der erforderlichen Endenergie und dem zum Energieträger passenden nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiefaktors ermittelt:

**Formel:**  $Q_P = Q_E \cdot f_P$

Abkürzungen:

$Q_P$  = Primärenergie,  $Q_E$  = Endenergie eines Energieträgers an der Gebäudegrenze,  $f_P$  = PEF

Kategorie	Energieträger	Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil
Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1
	Erdgas	1,1
	Erdgas in KWK-Anlage bei Mitversorgung von Gebäuden*	0,6*
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
Biogene Brennstoffe	Biogas	1,1
	Biogas im räumlichen Zusammenhang*	0,3*
	Biomethan in KWK-Anlage*	0,5*
	Biomethan in Brennwertkessel*	0,7*
	Bioöl	1,1
	Holz	0,2
Strom	netzbezogen	1,8
	gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik und Windkraft)	0,0
	Verdrängungsstrommix für Kraft-Wärme-Kopplung	2,8
Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0
	Erdkälte, Umgebungskälte	0,0
	Abwärme	0,0
	Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, gebäude- integriert oder gebäudenah	nach Verfahren B gemäß DIN V 18599-9: 2018-09 Abschnitt 5.2.5 oder DIN V 18599-9: 2018-09 Abschnitt 5.3.5.1
	Pauschalfaktor*	0,7*
	Untergrenze pauschal*	0,3*
	Untergrenze 100 % Erneuerbare Energien*	0,2*
Siedlungsabfälle		0,0

\* Zusätzlich werden anwendungsspezifische PEF abweichend von Anlage 4 in § 22 geregelt. Eine Auswahl dieser PEF wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit mit in die Tabelle aufgenommen. Die Voraussetzungen für die abweichende energetische Bewertung werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Abbildung 4: Übersicht der im GEG (2020) verwendeten PEF, die mit \*gekennzeichnete Werte sind anwendungsspezifisch im Gesetzestext geregelt (eigene Darstellung)

### 3.4 Sonderfall Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Im Gegensatz zur reinen Wärmeerzeugung (ungekoppelte Erzeugung) ist der Brennstoffaufwand bei der Kraft-Wärme-Kopplung den Produkten Strom und Wärme nicht eindeutig zuordenbar. In der Praxis werden daher verschiedene Allokationsmethoden für die Brennstoffaufteilung auf den Strom- und Wärmeteil aus KWK-Anlagen angewendet. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick zu relevanten Methoden erfolgen:

#### 3.4.1 Arbeitswertmethode

Die gesamte Stromerzeugung wird mit dem gemessenen bzw. berechneten Wirkungsgrad im Kondensationsbetrieb bewertet. Der Brennstoffanteil der Wärmeerzeugung ergibt sich aus der Differenz zum Gesamtbrennstoffeinsatz. Die Methodik bildet für Anlagen mit Stromverlust (i. d. R. Entnahme-Kondensationsturbinen) die physikalischen Gesetzmäßigkeiten korrekt ab und bedarf weder der Abgrenzung des KWK-Prozesses noch eines Referenzsystems. Die Methodik findet u.a. Anwendung bei der Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emission von Strom und Wärme aus Kondensations-Entnahmeturbinen. Der BDEW-Leitfaden zur Stromkennzeichnung<sup>4</sup> verweist zur Bestimmung des CO<sub>2</sub>-Anteils aus KWK-Stromanlagen auf die AGFW-Richtlinie FW 308<sup>5</sup>, deren Methodik ebenfalls auf der Arbeitswertmethode basiert.

#### 3.4.2 Exergetische Methode (auch Carnot Methode)

Kern der Bewertung ist die theoretische Stromerzeugungsfähigkeit der ausgekoppelten Nutzwärme. Über ein thermodynamisches Prozessmodell (Carnot) wird, in Abhängigkeit von Vor- und Rücklauftemperatur der Wärmeeinspeisung sowie der Umgebungstemperatur, ein theoretischer Stromverlust ermittelt. Zur Arbeitswertmethodik gibt es einige Analogien: physikalische Gesetzmäßigkeiten werden beachtet und es ist weder eine Abgrenzung des KWK-Prozesses noch ein Referenzsystem notwendig. Mit der Methodik lassen sich generell CO<sub>2</sub>-Emission von Strom und Wärme ermitteln.

---

<sup>4</sup> BDEW-Leitfaden „Stromkennzeichnung“, Stand 1. August 2021, Seite 50

<sup>5</sup> Abrufbar unter: <https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/energiewende-politik/effizienz-kwk/fw-308-kwk-prozess/>

### 3.4.3 Stromgutschriftmethode

Über die Multiplikation der erzeugten Strommenge mit einem Referenzwert (Primärenergiefaktor Strom) und der Differenzbildung zur eingesetzten Brennstoffmenge ergibt sich der Brennstoffanteil für die Wärmeerzeugung. Bei der primärenergetischen Bewertung von KWK (KWK in Wärmenetzen und KWK in Gebäuden, z. B. gebäudeintegriertes BHKWs) im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), findet der Verdrängungsstrommix Anwendung. In gleichem Zusammenhang findet sich die Methodik im AGFW Arbeitsblatt FW 309 Teil 1 zur energetischen Bewertung von Fernwärme.

#### Exkurs: Der Verdrängungsstrommix

Der Verdrängungsstrommix bildet die durch eine zusätzliche KWK-Stromeinspeisung indizierte Veränderung im Stromerzeugungsmix für Deutschland ab. Über ein stundenscharfes Kraftwerksmodell wird dabei die faktische Verdrängung von Strommengen durch die zusätzliche KWK-Stromeinspeisung ermittelt. Abhängig vom Betrachtungszeitpunkt ist dies in erster Linie die Erzeugung aus Stein- bzw. Braunkohlekraftwerken im Kondensationsbetrieb. Mit der zugrundeliegenden Berechnungssystematik wird der Einsatzreihenfolge (Merit-Order) der Kraftwerke im deutschen Strommarkt Rechnung getragen. Im Ergebnis spiegeln sich sowohl der Einspeisevorrang der Erneuerbaren Energien (Redispatch 2.0) als auch die Kosten der fossilen Stromerzeugungsarten wider.

Mit dem Verdrängungsstrommix steht eine Bewertung zur Verfügung, die sich prinzipiell sowohl angebots-, als auch nachfrageseitig für die Bewertung "zusätzlicher" Strommengen eignet.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) gibt in einer Veröffentlichung aus Mai 2018<sup>6</sup> einen Primärenergiefaktor für den Verdrängungsstrommix von 2,94 und einen Emissionskennwert von 1.100 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> an. Nachdem sich der Verdrängungsstrommix ausschließlich aus fossilen Energieträgern zusammensetzt, ergibt sich über die Multiplikation mit dem für fossile Energieträger angewandten Primärenergiefaktor von 1,1 rechnerisch ein primärenergetischer Verdrängungsstrommix von 3,2. Seit dem Inkrafttreten des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zum 01.11.2020 ist allerdings der PEF für den KWK-Verdrängungsmix auf den Wert von 2,8 (Anlage 4 zum GEG) fixiert worden, bei einem Emissionsfaktor von 860 g/kWh (Anlage 9 Nr. 3) zum GEG.

---

<sup>6</sup> <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/eu-verdraengungsmix-ein-vereinfachter-marginaler-ansatz-zur-be-stimmung-der-umweltwirkungen-fuer-gekoppelte-waerme-und-stromtechnologien/>

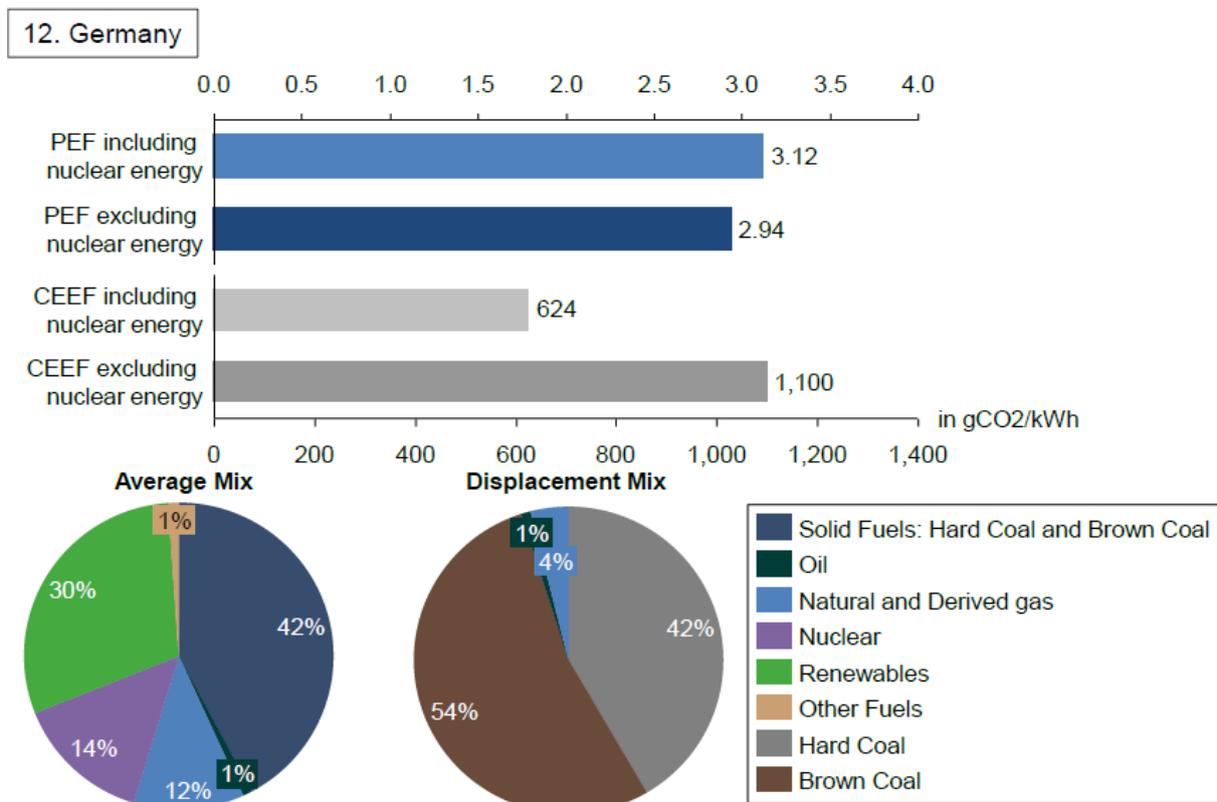


Abbildung 5: PEF und CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Verdrängungsmix (Balken) sowie Zusammensetzung des durchschnittlichen Strommix (Kreisdiagramm links) und des Verdrängungsstrom-Mix (Kreisdiagramm rechts) (2018),<sup>7</sup>

Neben der primärenergetischen Bewertung von KWK (KWK in Wärmenetzen und KWK in Gebäuden z.B. BHKW) im Rahmen des GEG, wird der Verdrängungsstrommix auch zur Darstellung energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet. Der Bericht zur Evaluierung der Kraft-Wärme-Kopplung<sup>8</sup> von der Prognos et. al. für das BMWK vom 25. April 2019 verwendet zur Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die KWK auch die Verdrängungsmix-Methode.

<sup>7</sup> Primärenergiefaktoren für den durchschnittlichen und der Verdrängungs-Strommix; Quelle: FfE, Mai 2018

<sup>8</sup> [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?__blob=publicationFile&v=6)

Für den Verdrängungsstrommix der KWK ist insbesondere zu beachten, dass die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung, die ihre Wärme vollständig in Wärmenetze einspeisen, Strom in der Regel zu Zeiten produzieren, in denen nur geringe Photovoltaik- und Wind-Einspeiseraten vorliegen. Bis zur vollständigen Deckung der Residuallast (= noch zu deckende Stromnachfrage nach Abzug der volatilen Stromerzeugung aus PV und Wind) auf Basis erneuerbarer Brennstoffe, wie grünem Wasserstoff, bildet der Verdrängungsstrommix damit die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle ab.

#### **3.4.4 Finnische Methode**

Die Finnische Methode vergleicht die gekoppelte Erzeugung mit zwei Referenzsystemen (Strom und Wärme). Die Brennstoffaufteilung des KWK-Prozesses wird maßgeblich durch die Referenzwerte bestimmt. Entsprechend liefert die Methodik kein Abbild realer Prozesse, sondern stellt lediglich einen Vergleich in Bezug auf die gewählten Referenzsysteme dar. Physikalische Gesetzmäßigkeiten finden keinen Eingang. Neben der Festlegung von Referenzwerten ist auch die Abgrenzung des KWK-Prozesses notwendig, womit diese Methode für Entnahmekondensationsanlagen nicht verwendet werden kann. Anwendung findet die Methodik in den statistischen Landesämtern zur Brennstoffallokation von KWK-Prozessen. In der Energieeffizienzrichtlinie (2012/27/EU) ist die Finnische Methode in Anhang II zur Bestimmung der Primärenergieeinsparung von einzelnen KWK-Anlagen vorgesehen. Für die Berechnung von CO<sub>2</sub>-Effekten kann die Methode nicht verwendet werden, da sie nicht auf physikalischen Grundlagen/Berechnungsformeln basiert.

#### **3.5 Sonderfall Fernwärme**

Für die Fernwärmeversorgung wird der nicht erneuerbare PEF für das gesamte Fernwärmesystem bestehend aus Neubaugebäude- und Bestandsgebäudeversorgung berechnet. Fernwärmesysteme versorgen i. d. R. hauptsächlich Bestandsgebäude. In Fernwärmenetzen stehen somit wenigen Neubauten mit hohen primärenergetischen Anforderungen eines PEF bis 0,5 sehr viele versorgte Bestandsgebäude gegenüber. Hierdurch entsteht bei der Bilanzierung des gesamten Fernwärmenetzes eine implizite Verpflichtung der Fernwärme hinsichtlich der Verbesserung der Versorgung von Bestandsgebäuden. Für die Objektversorgung gibt es keinen vergleichbaren Zusammenhang, da bei den Neubauten nur das jeweilige Neubau-Gebäude verbessert bzw. gebaut wird und für Bestandsgebäude keine anlasslosen Verpflichtungen im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgelegt werden. Die implizite Verpflichtung der Fernwärme hinsichtlich Bestandsgebäuden würde somit einer Regelung entsprechen, bei der ein Bauherr verpflichtet wird, bei allen seinen Nachbarn mit Bestandsgebäuden (bzw. des Stadtteils) ebenfalls eine Heizungsanlage einzubauen, die den gesetzlichen Vorgaben für Heizungsanlagen im Neubau entspricht.

In der Diskussion zum GEG wurde diese Thematik ausführlich erörtert und eine Übergangslösung gefunden. Hierbei wird die Fernwärme bei der KWK mit der Stromgutschriftmethode und einem fixen und bis 2030 konstanten Stromverdrängungswert von 2,8 berechnet. Hierdurch ergibt sich ein Ausgleich für die Benachteiligung der Fernwärme aufgrund der Durchschnittsberechnung für das gesamte Netz.

Dieses Verfahren wird überprüft. Hierfür ist im § 22 Abs. 5 GEG geregelt:

*„Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie wird gemeinsam mit dem Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Primärenergiefaktoren von Wärmenetzen, in denen Wärme genutzt wird, die in KWK-Anlagen erzeugt wird, überprüfen. Dabei wird unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit die Umstellung des Berechnungsverfahrens auf ein Verfahren zur Ermittlung des Brennstoffanteils für die Wärmeerzeugung untersucht, das der in DIN EN 15316-4-5: 2017-09 Abschnitt 6.2.2.1.6.3 beschriebenen Methode entspricht. In die Untersuchung wird die Ermittlung eines Faktors einbezogen, mit dem der Anteil bestehender Gebäude an den an ein Fernwärmenetz angeschlossenen Gebäuden berücksichtigt wird. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat gemeinsam mit dem Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat dem Deutschen Bundestag bis zum 31. Dezember 2025 einen Bericht über das Ergebnis der Überprüfung vorzulegen. Der Bericht enthält einen Vorschlag für eine gesetzliche Regelung zur Umstellung des Berechnungsverfahrens ab dem Jahr 2030.“*

Hinsichtlich der Anteile der Erneuerbaren Energien im Gebäude ergab sich bereits im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz in der Fassung vom 1. Mai 2011 eine Überverpflichtung von Fernwärmesystemen, da bei Verwendung von Erneuerbaren Energien sehr hohe Anteile (z. B. 50 Prozent EE-Anteil bei Verwendung fester Biomasse) für das komplette Fernwärmesystem gefordert sind – also inkl. der Bestandsgebäudeversorgung der Fernwärme. Diese Überverpflichtung bzw. Problematik ist mit der Übernahme der Passagen aus dem EEWärmeG in das heutige GEG (§ 44 Fernwärme oder Fernkälte) weiterhin vorhanden.

### **3.6 Erneuerbare und dekarbonisierte Gase**

#### **3.6.1 Biogas/Biomethan**

Biogas wird in Deutschland in Biogasanlagen produziert und direkt am Standort der Erzeugung in Blockheizkraftwerken aktuell überwiegend verstromt. Der so erzeugte Strom wird dezentral in das Stromnetz eingespeist, die Wärme ist lokal verfügbar. Zudem speisen Biomethan-Anlagen auf Erdgasqualität aufbereitetes Biomethan in das Erdgasnetz ein.

Die Regelungen des GEG sehen eine differenzierte primärenergetische Bewertung und Anrechnung von Biogas und insbesondere Biomethan vor. Grundsätzlich ist Biogas durch den  $PEF_{NE}$  von 1,1 in Anlage 4 mit fossilem Erdgas und Steinkohle gleichgestellt. Abweichend davon gilt:

- Für gasförmige Biomasse, die im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude erzeugt und dort verwendet wird (Biogas) kann ein  $PEF_{NE}$  von 0,3 verwendet werden.
- In das Erdgasnetz eingespeistes und kaufmännisch an anderer Stelle bezogenes Biomethan darf mit einem gegenüber fossilem Erdgas verbessertem  $PEF_{NE}$  wie folgt bilanziert werden:
  - 0,7 beim Einsatz in modernen Brennwertkesseln,
  - 0,5 beim Einsatz in hocheffizienten KWK-Anlagen (einschl. Brennstoffzellen).

Neben den genannten Festlegungen in §22 und Anlage 4 des GEG ist Biogas (inkl. Biomethan) im technischen Regelwerk der DIN V 18599-1: Ausgabe 2018 mit einem  $PEF_{NE}$  von 0,4 und einem  $CO_2$ -Äquivalent von 120 g/kWh bewertet. Diese Werte ergeben sich auch aus den vorliegenden BMWi-Gutachten (gemäß Studien des BMVBS, Juni 2012 und BMWi, April 2018). Beide weisen einen PEF für Biomethan von 0,36 aus. Dies gilt unabhängig vom Ort der Erzeugung oder der Anwendung.

Diese physikalisch-sachgerechte PEF-Ermittlung im Rahmen der DIN steht im Widerspruch zu den (politischen) Festlegungen im GEG. Sachgerecht wäre aus Sicht des BDEW für Biomethan ein Faktor von 0,3 unabhängig von der räumlichen Nähe und der Nutzung im Gebäude.

### 3.6.2 Wasserstoff

Wasserstoff erfährt im Rahmen der Energiewende eine deutlich steigende Aufmerksamkeit. Als erneuerbares bzw. dekarbonisiertes Gas wird er als Lösung für viele Anwendungen hin zur Klimaneutralität in unserer Gesellschaft gesehen. Dies gilt auch für den Gebäudebereich.

Für eine fachlich fundierte Bewertung der Klimawirksamkeit fehlten bisher belastbare Kennwerte für Wasserstoff, wie beispielsweise Kohlenstoffdioxidemissionen ( $CO_2$ ), entsprechende Äquivalente ( $CO_{2\text{Äq}}$ ) und Primärenergiefaktoren ( $PEF/PEF_{NE}$ ) bzw. der kumulierte Energieverbrauch ( $KEV/KEV_{NE}$ ).

In einer vom BDEW beauftragten Studie<sup>9</sup> „Ermittlung fehlender Kennwerte (PEF,  $CO_2$ ) für Wasserstoff unterschiedlicher Herstellung (Farben)“ folgt die verwendete Bilanzierung von Lebenswegen den Vorgaben der ISO 14040ff für Ökobilanzen, jedoch in vereinfachter Form (u. a. kein peer review). Der Bilanzierungsrahmen wurde analog zu den bisherigen Arbeiten von IINAS in Bezug auf die jährlichen THG-Emissionen und nichterneuerbaren Primärenergiebedarfe des deutschen Strommix (jüngst: IINAS 2021a) gewählt, um die referenzielle Integrität der Prozessketten und Zeitbezüge sicherzustellen:

- Bei den THG-Emissionen werden neben  $CO_2$  auch andere THG berücksichtigt und mit den GWP100-Faktoren nach IPCC auf  $CO_2$ -Äquivalente umgerechnet.
- Bei dem kumulierten, nichterneuerbaren Primärenergieverbrauch ( $KEV_{NE}$ ) wird die Methodik aus GEMIS verwendet, die auch Infrastruktur- und Herstellungsaufwände einbezieht, aber den Energiegehalt stofflich genutzter Energieträger nicht einbezieht. Der  $KEV_{NE}$  ist zwar nicht exakt gleich zu Primärenergiefaktoren (PEF), zeigt aber die gleiche Dynamik, d.h.  $KEV_{NE}$ -Werte zeigen PEF-Entwicklungskorridore und entsprechen, gerundet auf Nachkommastelle, den PEF-Werten.

---

<sup>9</sup> Uwe R. Fritsche & Hans Werner Greß, IINAS, Ermittlung fehlender Kennwerte (PEF,  $CO_2$ ) für Wasserstoff unterschiedlicher Herstellung (Farben), November 2021

Dabei wurden die zur Bilanzierung des nichterneuerbaren Energieverbrauchs ( $KEV_{NE}$ ) und der THG-Emissionen notwendigen Basisdaten für die ausgewählten Routen zur  $H_2$ -Herstellung auf Grundlage international verfügbarer Publikationen (wissenschaftliche Artikel und Studien) recherchiert.

Es gibt eine Vielzahl von Herstellungswegen für Wasserstoff, die sich in Hinblick auf ihre Herstellungsrouten und (groß)technische Realisierung unterscheiden. Die folgende Tabelle stellt einen Auszug aus der genannten Studie dar. Zur Darstellung der Entwicklung von PEF und THG-Emission sind sowohl die Werte für 2020 und 2030 ausgewiesen und zum Vergleich die Werte für Erdgas und der lokale Strommix<sup>10</sup> ergänzt.

---

<sup>10</sup> Uwe R. Fritsche & Hans Werner Greß, IINAS, Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2020 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050, November 2021

Wasserstoff-Route	PEF [kWh <sub>primär</sub> /kWh H <sub>2</sub> ]		THG-Emissionen [g/kWh H <sub>2</sub> ]			
	2020	2030	2020		2030	
	PEF <sub>NE</sub>	PEF <sub>NE</sub>	CO <sub>2</sub> Äq	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Äq	CO <sub>2</sub>
<b>Wasserstoff - H<sub>2</sub> grau</b> Dampfreformierung von Erdgas in Deutschland, keine CO <sub>2</sub> -Abscheidung	1,46	1,41	297	289	300	291
<b>Wasserstoff - H<sub>2</sub> blau</b> Dampfreformierung von Erdgas in Norwegen, dort auch Abscheidung und geologische Speicherung (CCS), H <sub>2</sub> -Transport nach Deutschland über Pipeline	1,48	1,48	55	52	53	52
<b>Wasserstoff - H<sub>2</sub> türkis</b> Pyrolyse von Erdgas in Deutschland mit Strom aus Erneuerbaren Energien, Bruttobilanz sowie Allokation über Energie (Heizwert des festen Kohlenstoffs) bzw. über Masse (Menge des festen Kohlenstoffs)	k.A	1,03	k.A	k.A	27	21
<b>Wasserstoff - H<sub>2</sub> grün (Deutschland)</b> Elektrolyse (PEM) in Deutschland mit Strom aus Erneuerbaren Energien ((Mix von onshore- und offshore-Wind- sowie PV-Strom)	0,06	0,05	21	19	18	16
<b>Wasserstoff - H<sub>2</sub> grün (Import)</b> Elektrolyse (PEM) in der MENA-Region mit Strom aus erneuerbaren Energien (Mix von Wind- und PV-Strom), H <sub>2</sub> -Transport nach Deutschland über Pipeline	k.A	0,09	k.A	k.A	33	29
<i>Stromnetz (Vergleich), je kWh<sub>primär</sub></i>	1,37	0,81	382	366	268	257
<i>Erdgas (Vergleich), je kWh<sub>end</sub></i>	1,11	1,07	224	219	228	220

Abbildung 6: KEV/PEF und THG für H<sub>2</sub>-Routen im Jahr 2020 und 2030 (Auszug und eigene Darstellung nach IINAS)

Das GEG enthält im §103 mit der Innovationsklausel eine Regelung, die die Anforderungssystematik für THG-Emissionen und somit letztlich auch für den Einsatz von Wasserstoff, bei Neubauten und im Bestand öffnet. Die zur Nutzung der Klausel gleichzeitig eingeführten Hürden – wie z. B. eine zeitliche Befristung bis zum Ende des Jahres 2023 – führen dazu, dass diese Innovationsklausel nur in Sonderfällen Anwendung findet.

#### **4 Ausblick**

Primärenergiefaktoren unterliegen – u. a. aufgrund des zunehmenden Anteils Erneuerbarer Energien – einer kontinuierlichen Anpassung. Neben dieser physikalisch-sachgerechten Fortschreibung ist auch die Berücksichtigung weiterer Aspekte wie der Klimawirkung (CO<sub>2</sub>-Emissionen), der Versorgungssicherheit oder der Nachhaltigkeit denkbar. Entsprechende Ansätze wurden im Kontext der ersten Entwürfe des Gebäudeenergiegesetzes 2017 diskutiert, jedoch rechtlich nicht umgesetzt.

Der BDEW befasste sich im Rahmen eines Gutachtenvorhabens mit den „Auswirkungen veränderter Bewertungsmaßstäbe für Heizenergieträger auf dem Wärmemarkt“<sup>11</sup>. Darin wurden u. a. die mögliche Abbildung von Systemdienstleistungen im Elektrizitätssystem oder von Nutzungskonkurrenzen in der Berechnungslogik von PEF untersucht.

Aus dem von SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP im November 2021 geschlossenen Koalitionsvertrag geht hervor, dass die Ziele des nationalen Energieeinsparrechts für Gebäude zukünftig an THG-Minderungen ausgerichtet werden könnten. Ein entsprechendes „Kurzgutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz einschließlich Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen“<sup>12</sup> wurde im Oktober 2022 veröffentlicht.

---

<sup>11</sup> IINAS/ifeu (2018)

<sup>12</sup> <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/221005-rv-geg-endbericht.html>, 18.11.2022