
Erläuterungen zur Energiebilanz

A

1. Die Energiebilanz und ihre Problematik

1.1 Vorbemerkung

Mit dem Bilanzjahr 1995 sind bei der Energiebilanz einige methodische Veränderungen vorgenommen worden, die sowohl das Bilanzierungsschema als auch die Bewertung von Energieträgern betreffen.

1.1.1 Bilanzierungsschema

Mit dem seit 1995 verwendeten Bilanzierungsschema wurde einerseits der zunehmenden Bedeutung der regenerativen Energieträger, andererseits der Umstellung der Wirtschaftszweigsystematik in der amtlichen Statistik Rechnung getragen.

Da die *erneuerbaren Energieträger* an gesellschafts- und energiepolitischer Bedeutung gewinnen, ist der Bilanzrahmen entsprechend erweitert und neu gruppiert worden. Sie sind als eigene Energieträgergruppe mit insgesamt fünf Positionen ausgewiesen.

Zum Jahresbeginn 1995 wurde die *Klassifikation der Wirtschaftszweige* in der amtlichen Statistik auf die statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE, Rev. 1) umgestellt. Die Aufgliederung des Endenergieverbrauchs der Betriebe des Wirtschaftsbereichs „Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“¹⁾ in der Energiebilanz wurde dieser neuen Wirtschaftszweigsystematik angepasst. Wegen geänderter Zuordnungen im Zuge dieser Umstellung kann die Vergleichbarkeit von Daten des Verarbeitenden Gewerbes mit vorangegangenen Jahren geringfügig eingeschränkt sein. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden entsprechend ihrer energiewirtschaftlichen Relevanz Zusammenfassungen von Wirtschaftszweigen vorgenommen.

1.1.2 Die Umstellung der Substitutionsmethode auf das Wirkungsgradprinzip

Bei der Bewertung der zur Stromerzeugung eingesetzten Energieträger, für die es keinen einheitlichen Umrechnungsmaßstab wie den Heizwert gibt, wurde in den Energiebilanzen des Bundes und der Länder bis einschließlich 1994 das Substitutionsprinzip zu Grunde gelegt, das für diese Energiearten einen durchschnittlichen spezifischen Brennstoffverbrauch in konventionellen öffentlichen Wärmekraftwerken ansetzt. Internationale Organisationen bewerten in diesen Fällen aber seit einigen Jahren einheitlich nach der Wirkungsgradmethode, die

von repräsentativ erachteten physikalischen Wirkungsgraden bei der Energieumwandlung ausgeht. Bei der Stromerzeugung aus Kernenergie wird danach ein Wirkungsgrad von 33% angenommen. Abweichend von der physikalischen Bewertung wurde für die erneuerbaren Energieträger sowie den Stromaußenhandel ein Wirkungsgrad von 100% generell festgelegt. Wegen der internationalen Angleichung hat sich die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen entschlossen, seit 1995 von der Substitutionsmethode auf das Wirkungsgradprinzip umzustellen. Trotz erheblicher methodischer Bedenken setzen auch die Länder bei ihren Bilanzen seit 1995 dieses Bewertungsprinzip ein. Gerade Bayern hat sich wiederholt für die Beibehaltung der Substitutionsmethode ausgesprochen, da sie unter dem Aspekt der CO₂-Vermeidung viel aussagekräftiger ist.

Als Folge dieser Umstellung hat sich der ermittelte Primärenergieverbrauch insgesamt zwar nur geringfügig verändert, bei einzelnen Energieträgern ist es aber zu beträchtlichen Abweichungen gekommen. So ist der Verbrauch von Kernenergie rechnerisch gestiegen, während er bei erneuerbaren Energieträgern – und hier vor allem bei der Wasserkraft – deutlich abgenommen hat. Damit ist Bayern mit seinem relativ hohen Wasserkraftanteil durch diese Umstellung klar benachteiligt, weil der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch sowohl rechnerisch als auch hinsichtlich ihrer Umweltentlastungseffekte abgewertet wird.

Der tatsächliche Beitrag der einzelnen Energieträger zur Stromerzeugung hat sich durch diese methodische Bewertungsumstellung allerdings nicht verändert.

Wegen der Vergleichbarkeit mit vorangegangenen Bilanzen werden einige Tabellen für das Bilanzjahr 2000 noch nach beiden Verfahren dargestellt.

1.2 Energiebilanz

In der *Energiebilanz* werden das Aufkommen und die Verwendung von Energieträgern in einer Volkswirtschaft oder in einem Wirtschaftsraum für einen bestimmten Zeitraum möglichst lückenlos und detailliert nachgewiesen. Unter *Energieträgern* versteht man alle Quellen, aus denen direkt oder durch Umwandlung Energie gewonnen wird. Dabei bedeutet *Umwandlung* die Änderung der chemischen und/oder physikalischen Struktur von Energieträgern. Als Umwandlungsprodukte fallen sog. Sekundärenergieträger und nichtenergetisch verwendete Produkte (Nichtenergieträger) an.

1.3 Das Schema der Energiebilanz

In der Energiebilanz werden *horizontal* die Energieträger sowie die aus diesen Energieträgern erzeugten nichtenergetischen Produkte ausgewiesen. *Vertikal* werden das Energieaufkommen, die Energieumwandlung und der

1) In den nachfolgenden Texten und Tabellen und z.T. auch in den Schaubildern wird aus Vereinfachungsgründen die Bezeichnung „Verarbeitendes Gewerbe“ verwendet; die Wirtschaftsbereiche Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden sind stets eingeschlossen.

Endenergieverbrauch dargestellt. Jede einzelne Spalte gibt für den jeweiligen Energieträger den Nachweis über dessen Aufkommen und Verwendung.

Grau unterlegte Felder im Bilanzschema können entweder systemimmanent keine Angaben enthalten oder die an der tatsächlichen Datenlage orientierten Bilanzierungsregeln schließen eine Belegung dieser Felder aus.

Die Energiebilanz hat drei Hauptteile, nämlich

die *Primärenergiebilanz*,
die *Umwandlungsbilanz* und
den *Endenergieverbrauch*.

Die *Primärenergiebilanz* ist eine Bilanz der Energiedarbringung der ersten Stufe. In ihr werden die Energieträger wie folgt erfasst:

- Inländische Gewinnung von Energieträgern
- Handel mit Energieträgern über die Landesgrenzen, unterteilt nach Bezügen und Lieferungen
- Bestandsveränderungen, unterteilt nach Bestandsentnahme und -aufstockung

Der *Primärenergieverbrauch* ergibt sich somit von der Entstehungsseite her als die Summe aus der Gewinnung im Inland, den Bestandsveränderungen sowie dem Saldo aus Bezügen und Lieferungen.

In der *Umwandlungsbilanz* werden Einsatz und Ausstoß der verschiedenen Umwandlungsprozesse, der Verbrauch an Energieträgern in der Energiegewinnung und im Umwandlungsbereich sowie die Fackel- und Leitungsverluste ausgewiesen.

Bei der Umwandlung von Energieträgern fallen auch Stoffe an, die nicht als Energieträger anzusehen sind (Nichtenergieträger), da es bei ihrer Verwendung nicht auf ihren Energiegehalt, sondern auf ihre stofflichen Eigenschaften ankommt (z. B. Bitumen für den Straßenbau; Schmierstoffe). Diese Nichtenergieträger werden in der Spalte „Andere Mineralölprodukte“ ausgewiesen, um Einsatz und Ausstoß der Umwandlung vollständig zu erfassen. Ebenso wie die Nichtenergieträger wird auch ein Teil der Energieträger, z. B. Rohbenzin, Raffineriegas und Flüssiggas, als Rohstoff chemischer Prozesse nichtenergetisch verwendet. Nichtenergieträger und nichtenergetisch genutzte Energieträger werden zusammen als *Nichtenergetischer Verbrauch* in einer besonderen Zeile verbucht. Dadurch wird erreicht, dass im Endenergieverbrauch nur der Verbrauch energetisch genutzter Energieträger ausgewiesen wird.

Im *Endenergieverbrauch* wird somit nur die Verwendung derjenigen Energieträger aufgeführt, die unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dienen. Der Endenergiever-

brauch wird nach bestimmten Verbrauchergruppen und Wirtschaftszweigen aufgeschlüsselt.

Den Aufbau der Energiebilanz zeigt das Schaubild 1 im Teil E, Schaubilder und Karten.

Vom Endenergieverbrauch im Sinne der Energiebilanz ist die energietechnisch letzte Stufe der Energieverwendung, die so genannte Nutzenergiestufe, begrifflich zu unterscheiden.

Unter *Nutzenergie* wird allgemein die Energie verstanden, die nach der letzten Umwandlung dem Endverbraucher für den jeweiligen Nutzungszweck (z. B. als Licht, Kraft, Wärme) zur Verfügung steht.

Die vorliegende Energiebilanz enthält keinen Nachweis über den Nutzenergieverbrauch, da hierfür gegenwärtig weder ausreichende statistische Erhebungen noch hinreichend gesicherte und umfassende andere Quantifizierungsmöglichkeiten vorhanden sind.

1.4 Die Umrechnungsfaktoren für die einheitliche Bewertung der Energieträger

In der Energiebilanz werden die Energieträger zunächst in ihren spezifischen Maßeinheiten ausgewiesen und vertikal in Zwischen- und Endzeilen addiert. Die dabei verwendeten Maßeinheiten sind Tonne (t), Kubikmeter (m³), Kilowattstunde (kWh) und Joule (J). Um die in verschiedenen Maßeinheiten ausgewiesenen Energieträger vergleichbar und additionsfähig zu machen, müssen sie auf einen einheitlichen Nenner gebracht werden. Diese Umrechnung erfolgt mithilfe von Umrechnungsfaktoren.

Dabei werden die in spezifischen Einheiten erfassten Mengen in „Joule“ umgerechnet. Diese Maßeinheit entspricht den gesetzlichen Erfordernissen und löst die früher verwendete „Steinkohleneinheit (SKE)“ ab. Neben den Joule-Bilanzen und -Auswertungstabellen werden jedoch auch weiterhin SKE-Bilanzen und -Auswertungstabellen erstellt.

Die Umrechnung der einzelnen Energieträger von spezifischen Mengeneinheiten in Joule erfolgt auf der Grundlage ihrer Heizwerte, die in Kilojoule ausgedrückt werden. In den Energiebilanzen werden als Einheit Terajoule (TJ = 10¹² Joule) verwendet.

Da sich die Qualität mancher Energieträger im Zeitablauf ändert (z. B. Rohbraunkohle), ändern sich auch ihre Heizwerte. Ein konstanter durchschnittlicher Heizwert kann nur dann zugrundegelegt werden, wenn die qualitative Zusammensetzung der einzelnen Energieträger konstant bleibt oder geringfügig um den Durchschnitt schwankt. Dies ist bei den meisten Energieträgern der Fall. Bei Energieträgern mit größeren Qualitätsänderungen sind aber Anpassungen der Umrechnungsfaktoren notwendig.

Für die Bewertung der Bezüge und Lieferungen von Strom über die Landesgrenzen sowie für die Bewertung von Wasserkraft, Kernenergie und Müll, die zur Stromerzeugung eingesetzt werden, gibt es keinen einheitlichen Umrechnungsmaßstab wie den Heizwert. Der Bewertung dieser Energieträger werden daher als repräsentativ erachtete physikalische Wirkungsgrade bei der Energieumwandlung zu Grunde gelegt, und zwar bei der Kernenergie 33 %, bei der Wasserkraft und den anderen erneuerbaren Energieträgern zur Stromerzeugung 100 % (sofern keine echten Heizwerte vorliegen). Der Stromaußenhandel wird auf der Basis des Heizwertes des Stroms bewertet, was ebenfalls einem „Wirkungsgrad“ von 100 % entspricht.

In der Primärenergiebilanz wird bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft die Stromerzeugung der Pumpspeicherwerke nicht berücksichtigt, da es sich dabei um einen Umwandlungsprozess von Strom handelt, der in der Umwandlungsbilanz in der Spalte Strom ausgewiesen wird. Als Umwandlungseinsatz wird der Pumpstromaufwand verbucht, als Umwandlungsausstoß die Pumpstromerzeugung. Als Einsatz von Wasserkraft, Kernenergie und Müll werden in die Umwandlungsbilanz die in Joule ausgedrückten Werte aus der Primärenergiebilanz übernommen. Im Übrigen wird der Strom (aus Erzeugung und Einfuhr) grundsätzlich mit seinem Heizwert (3 600 kJ/kWh) bewertet.

In den Auswertungstabellen des Abschnitts C wird der Primärenergieverbrauch von Strom (entspricht Saldo zwischen Bezügen und Lieferungen von Strom) dem Primärenergieverbrauch an Kernenergie zugerechnet, um die Anteile der einzelnen Energieträger am gesamten Primärenergieverbrauch besser darstellen zu können.

1.5 Erläuterungen zu den einzelnen Bilanzpositionen

1.5.1 Das Bruttoprinzip im Umwandlungsbereich

Im Umwandlungsbereich wird grundsätzlich nach dem Bruttoprinzip verbucht, d. h. Energieträger, die nach der Umwandlung einer weiteren Umwandlung unterliegen (Sekundärenergieträger), werden jeweils wieder in voller Höhe in Einsatz und Ausstoß erfasst. Dies ist z. B. der Fall beim Heizöl, das in Kraftwerken eingesetzt wird. Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß enthalten – für sich betrachtet – Doppelzählungen, die aber in der Zeile „Energieangebot nach Umwandlungsbilanz“ wieder eliminiert werden, da in diese Zeile die Differenz zwischen Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß eingeht.

Besondere Probleme bringt das Bruttoprinzip mit sich, wenn bei einem im statistischen Quellenmaterial als Verbrauch deklarierten Energieeinsatz eine Umwandlung stattfindet. Dies ist der Fall z. B. in der Eisenschaffenden Industrie und in der Chemischen Industrie. Die Verbu-

chung sowohl der jeweiligen Einsatzenergien als auch des Verbrauchs der in diesen Prozessen entstandenen Energieträger würde zu Doppelzählungen führen, die bei den jeweiligen Energieträgern nach unterschiedlichen Methoden ausgeschaltet werden müssen.

1.5.2 Umwandlungseinsatz für Stromerzeugung

Als Umwandlungseinsatz der öffentlichen Wärmekraftwerke, der Industriewärmekraftwerke und der Kernkraftwerke wird nur der Brennstoffeinsatz verbucht, der der Stromerzeugung dient.

1.5.3 Andere Mineralölprodukte

Hierunter werden Mineralölprodukte zusammengefasst ausgewiesen, die nichtenergetisch verwendet werden (Nichtenergieträger). Es handelt sich dabei um Spezialbenzin, Testbenzin, Schmieröle und Schmiermittel, Paraffine, Vaseline, Bitumen, Extrakte und Rückstände.

1.5.4 Flüssiggas und Raffineriegas

Flüssiggas und Raffineriegas werden als Mineralölprodukte beim Primärenergieverbrauch unter der Energieträgergruppe „Mineralöle“ erfasst. Beim Endenergieverbrauch werden sie dagegen auf Grund ihres Aggregatzustands zu den Gasen gezählt.

1.5.5 Fernwärme

Fernwärme wird von Heizwerken und Heizkraftwerken über Rohrleitungen in Form von Heißwasser oder Dampf an Dritte abgegeben. Als Wärmeabgabe wird die dafür eingesetzte Energiemenge angegeben.

1.5.6 Erneuerbare Energieträger

Als erneuerbare oder regenerative Energieträger werden in der bayerischen Energiebilanz die Wasserkraft sowie die Positionen „Klärgas und andere Biogase, Nachwachsende Rohstoffe, Abfälle und Sonstige“ nachgewiesen. Eine detailliertere Untergliederung der erneuerbaren Energieträger und speziell der Biomasse findet sich in den Auswertungstabellen 6 und 7 in Abschnitt C dieses Berichts. Der größte Teil der Daten zur Biomasse wird seit dem Bilanzjahr 1995 von C.A.R.M.E.N. (Zentrales Agrar-, Rohstoff-, Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk) zur Verfügung gestellt.

1.5.7 Fackel- und Leitungsverluste

Verluste treten bei allen Energieträgern auf; sie werden jedoch meist statistisch nicht erfasst. Nur bei den leitungsgebundenen Energieträgern Strom und Gas werden die Leitungs- und Fackelverluste ausgewiesen.

1.5.8 Endenergieverbrauch

Als Endenergieverbrauch wird die Verwendung von Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen ausgewiesen, so weit sie unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dienen.

Der Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes (im wesentlichen Industrie und Handwerk) basiert weitgehend auf den Angaben der Betriebe von Unternehmen mit im Allgemeinen 20 Beschäftigten und mehr. Maßgebend für die Abgrenzung ist die Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 93), die auf der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE Rev. 1) beruht.

Der Energieverbrauch des *Verkehrs* wird in die folgenden Sektoren untergliedert:

- Schienenverkehr
- Straßenverkehr
- Luftverkehr
- Binnenschifffahrt.

Er umfasst den Energieverbrauch bei der Erstellung von Fahrleistungen, gleich wo sie erbracht werden und so weit sie statistisch erfassbar sind.

Der Energieverbrauch des Verkehrs wird nur zum Teil durch unmittelbare statistische Erhebungen erfasst. Die Angaben der Energiebilanz beruhen im Allgemeinen auf Statistiken über die Lieferungen an Verkehrsträger. Zum Teil werden auch Marktforschungsergebnisse verwendet.

Für *Haushalte und übrige Verbraucher* stehen Angaben für den tatsächlichen Energieverbrauch nicht zur Verfügung. Daher werden in der Energiebilanz die Energielieferungen an diese beiden Verbrauchergruppen dem Verbrauch gleichgesetzt. Unter *Haushalte und übrige Verbraucher* werden alle Energielieferungen an Bereiche außerhalb des Verarbeitenden Gewerbes und des Verkehrs zusammengefasst:

- Private Haushalte,
- Anstaltshaushalte,
- Öffentliche Einrichtungen,
- Gewerbebetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten, so weit sie nicht im Verarbeitenden Gewerbe erfasst werden,
- Handwerksbetriebe, so weit sie nicht im Verarbeitenden Gewerbe erfasst werden,
- Unternehmen des Baugewerbes,
- Handelsunternehmen,
- Landwirtschaft,
- Wasserwerke,
- Wäschereien und chemische Reinigungen,
- Militärische Dienststellen.

2. Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren

2.1 Energieeinheiten

Am 2. Juli 1969 wurde das „Gesetz über die Einheiten im Messwesen“ (BGBl I S.981) erlassen. Hierin und in den nachfolgenden Verordnungen wird für den geschäftlichen und amtlichen Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland die Umstellung von Einheiten des technischen Messsystems auf das internationale System von Einheiten „Système international d’Unités“ (SI) geregelt. Die SI-Einheiten sind für die Bundesrepublik Deutschland als gesetzliche Einheiten ab 1. Januar 1978 verbindlich.

Die Einheiten für Energie sind:

Joule (J) für Energie, Arbeit, Wärmemengen
 Watt (W) für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
 1 Joule (J) = 1 Newtonmeter (Nm)
 = 1 Wattsekunde (Ws).

Die Kalorie (cal) und davon abgeleitete Einheiten wie Steinkohleneinheiten (SKE) und Rohöleinheiten (RÖE) werden gelegentlich noch hilfswise verwendet.

Zum Vergleich der alten und neuen Maßeinheiten dient die folgende Tabelle:

Einheit	<i>kJ</i>	<i>kWh</i>	<i>kcal</i>
1 kJ	–	0,000278	0,2388
1 kcal	4,1868	0,001163	–
1 kWh	3 600	–	860
1 kg SKE	29 308	8,14	7 000
1 kg RÖE	41 868	11,63	10 000

2.2 Vorsätze und Vorsatzzeichen

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz
Kilo	k	10 ³ (Tausend)
Mega	M	10 ⁶ (Millionen)
Giga	G	10 ⁹ (Milliarden)
Tera	T	10 ¹² (Billionen)
Peta	P	10 ¹⁵ (Billiarden)

2.3 Umrechnungsfaktoren

	<i>Energieträger</i>	<i>Mengen- einheit</i>	<i>Heizwert (kJou)</i>	<i>SKE- Faktor</i>
Steinkohle	Steinkohlen ¹⁾	kg	29268	0,999
	Steinkohlenkoks	kg	28650	0,978
	Steinkohlenbriketts	kg	31401	1,071
	Andere Steinkohlenprodukte	kg	38040	1,298
	wie			
	Rohbenzol	kg	39565	1,350
	Rohteer	kg	37681	1,286
	Pech	kg	37681	1,286
	Andere Kohlenwertstoffe	kg	38520	1,314
Braunkohle	Braunkohlen ¹⁾	kg	5900	0,201
	Braunkohlenbriketts ¹⁾	kg	21544	0,735
	Hartbraunkohlen ¹⁾	kg	15009	0,512
	Andere Braunkohlenprodukte ¹⁾	kg	21544	0,735
	wie			
	Braunkohlenkoks	kg	29900	1,020
	Staub- und Trockenkohlen	kg	22044	0,752
Mineralöle	Erdöl (roh)	kg	42695	1,457
	Ottokraftstoff	kg	43543	1,486
	Rohbenzin	kg	44000	1,501
	Flugturbinenkraftstoff	kg	43000	1,467
	Dieselmkraftstoff	kg	42960	1,466
	Heizöl, leicht	kg	42733	1,458
	Heizöl, schwer	kg	40404	1,379
	Petrolkoks	kg	31133	1,062
	Flüssiggas	kg	46598	1,590
	Raffineriegas	kg	45915	1,567
	Andere Mineralölprodukte	kg	40048	1,366
Gase	Kokereigas, Stadtgas	m ³	15994	0,546
	Gichtgas	m ³	4187	0,143
	Erdgas	m ³	31736	1,083
	Erdölgas	m ³	40300	1,375
	Grubengas	m ³	15994	0,546
Erneuerbare Energien	Brennholz	kg	14654	0,500
	Brenntorf	kg	14235	0,486
	Klärgas, Deponiegas, Biogas (Methangasanteil)	m ³	35888	1,225
	Rapsölmethylester (Biodiesel)	kg	37600	1,283
Strom	Elektrischer Strom (Wirkungsgradmethode)	kWh	3600	0,123
Kernenergie	Kernenergie (Wirkungsgradmethode)	kWh	10909	0,372
	Substitutionsfaktor (Substitutionsmethode)	kWh	9101	0,311

1) Durchschnittswert für Bayern. In den einzelnen Bilanzierungsstufen werden jedoch die spezifischen Umrechnungsfaktoren angewendet.

2.4 Erläuterungen zu den Bilanzübersichten und Tabellen

- 0 = mehr als nichts, aber weniger als die Hälfte der kleinsten in der Tabelle nachgewiesenen Einheit;
 – = nichts vorhanden; ■ = systembedingt nicht belegt;
 · = Zahlenwert unbekannt oder geheim zu halten;
 r = berichtiges Ergebnis;

Durch die Umrechnung der spezifischen Mengeneinheiten in SKE und Joule sowie durch die Summierung von Einzelangaben können sich sowohl bei den Bilanzübersichten als auch bei den Auswertungstabellen Rundungsdifferenzen ergeben.