Graue Energie

Autor(en): **Novotny, Norbert C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **116 (1998)**

Heft 22

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-79515

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Norbert C. Novotny, Zürich

Graue Energie

Beim vorliegenden Beitrag handelt es sich um die Erläuterungen zu einem Leserbrief des Verfassers über graue Energie, um die in SI+A 5/6 1998 in einer weiteren Zuschrift gebeten wurde.

Seit etwa 10 Jahren verstärkt sich in der Schweiz die Diskussion, ob die Reduktion der Betriebsenergie von Gebäuden durch den dadurch entstehenden Mehraufwand an grauer Energie gerechtfertigt werden kann.

Dazu sind verschiedene Arbeiten und Datengrundlagen entstanden. Es werden am Schluss des Artikels nur die Publikationen erwähnt, auf die im folgenden Bezug genommen wird. Eine Patentlösung im Rahmen dieses Artikels zu finden, ist nicht beabsichtigt.

Definitionen

Graue Energie oder Primärenergie wird als jener Teil des gesamten Stoffflusses bezeichnet, der während Gewinnung, Herstellung, Transport, Handel, Einbau, Verarbeitung und Entsorgung kumulativ auf nicht erneuerbare Energieträger und fossile Rohstoffe zurückgreift und den Eigenenergiegehalt (Enthalpie) mit einschliesst.

Den Gesamtinhalt an Primärenergie eines kompositen Produktes wollen wir für das Folgende mit $P_G + P_N$ bezeichnen, wobei P_G die Komponenten Enthalpie/feedstock energy, Gewinnung, Herstellung, Transport- und Flächenbilanzanteil 1, P_N dagegen die Komponenten Transport- und Flächenbilanzanteil 2, Handel, Einbau und Verarbeitung, Unterhalt und Entsorgung umfassen. Gegenstände gleicher Nutzung lassen sich über diese Grösse vergleichen.

Differenzen

Die Grunddaten über Primärenergie schwanken stark, und ihre Berechnung ist methodisch nicht vereinheitlicht. Es ist aus den Daten oft nicht ersichtlich, ob es sich nur um P_G oder um $P_G + P_N$ handelt. Die folgenden Faktoren sind dabei hauptsächlich zu berücksichtigen:

Enthalpiefreisetzung

In Abhängigkeit des Zustands eines Materials enthält es innere Energie und Verdrängungsenergie, deren Summe man als Enthalpie bezeichnet. Ein einziges Mol eines Bariumsalzes (das z.B. zur Brandsicherheit von Zelluloseprodukten beigemischt wird) enthält 2000 kJ Gitterenthalpie bei 298 K. Enthalpie wird jedoch bei der Verbrennung teilweise freigesetzt. Ein kg Tannenholz erreicht bei den heute bekannten Verbrennungsmethoden rund 16 MJ mittleren spezifischen Heizwert, wenn das Material verbrannt, vergast oder biologisch abgebaut wird. Angaben, wie 1,6 MJ Primärenergie pro kg Schnittholz[1] geben daher nur die Prozessenergie an. Vernachlässigt man die Enthalpie gänzlich, verfälscht man die ökologische Aussage einer Energiebilanz. Holz als nachwachsende, primärenergieneutrale Ressource zu betrachten, ist angesichts der forsttechnischen Aufwendungen und des weltweiten Waldrückgangs naiv.

Transport

Der Anteil an Transportenergie wird meist unterschätzt, da Flächenbilanzierung, Herstellung und Unterhalt der Transportwege und der Transportmittel nicht eingerechnet werden. Während im allgemeinen mit 2–3% Transportenergie gerechnet wird, liegen die Anteile aus dem verteilenden Güterverkehr mindestens bei 10%.

Handelt es sich um volumenintensive, leichte Güter, die die Transportkapazität des Beförderungsmittels weit unterschreiten, kann die Transportenergie bis auf das 10fache ansteigen. Ein 28 t-LKW, dessen Transportkapazität zu 100% ausgelastet ist, benötigt rund 1,8 MJ/tkm (ohne 1,9 MJ/tkm Anteil der Strassenbeanspruchung). Beträgt seine Auslastung nur 10%, so steigt der Wert auf 18 MJ/tkm.

Strommix

Verwendet man Schweizer Elektrizität mit einem Wirkungsgrad von 54%, reduziert sich der Anteil an grauer Energie um 30–40% gegenüber dem aus dem europäischen Verbundnetz bezogenen Strom mit 38% Wirkungsgrad. Bei Stoffen mit hohen Elektrizitätsanteilen an der Produktion kann ein wesentlicher Unterschied entstehen.

Einbezug von P_N

Die unter P_N genannten Komponenten sollten einbezogen werden. Dies gilt besonders, wenn die energetische Rentabilität nahe bei der Lebensdauer eines Produkts liegt. Die Norm SIA 380/1 definiert z.B. Primärenergie lediglich als die aus den Rohstoffen gewinnbare Energie, was etwa der Enthalpie/feedstock energy entspricht. Die Energie für den Produktionsprozess wird in der SIA-Norm als Prozessenergie bezeichnet.

Flächenbilanzierung

Die bei Gewinnung, Herstellung, Transport, Handel, Lagerung und Verarbeitung eines Produkts benutzten Flächen haben in dieser Betrachtung zwei Aspekte:

- einen raumplanerischen (Zerstückelung des Ökosystems, verlängerte Verkehrswege usw.)
- einen energetischen (Bereitstellung der Flächen, Erschliessung, Einebnung, Abbrüche, Rekultivierung usw.)

Es handelt sich dabei um eine nichtenergetische Ressource, die in den meisten Aufstellungen zur grauen Energie fehlt. Der Aufwand an Primärenergie für diese Flächenbilanzierung ist von Fall zu Fall sehr verschieden. Wir schätzen, dass pro MJ Primärenergie je nach Produkt 0,2–0,4 MJ für die Flächenbilanzierung in P_G und P_N hinzugerechnet werden müssten.

Beispiel

Die folgende, vereinfachte Berechnung soll lediglich zur Illustration der Problematik dienen.

Der Mehreinsatz von Baustoffen beim Bau eines Nullenergiehauses in der Nähe von Affoltern a.A. soll überprüft werden. Das Haus kommt mit passiver Sonnenenergienutzung und sehr guter Isolation der Aussenhaut (unter 0,15 W/m²K) völlig ohne Heizung aus. Es besitzt gemäss Angaben in einem Fachartikel in Decken und Böden eine Speichermasse von 220 t KS-Steinen[2], die von Warmluft durchströmt werden. Ein jährlicher Aufwand von 20 MJ/m² EBF für eine Zusatzheizung ist einzurechnen. Das beheizte Volumen des Hauses beträgt 910 m³ (SIA), die transmittierende Aussenfläche des nicht unterkellerten Hauses 640 m² und die EBF 200 m². Der Heizenergiebedarf für die Region Zürich (Aussenhaut mal k-Wert mal Heizgradtage) beträgt 66 864 MJ pro Heizperiode minus 4000 MJ für die Zusatzheizung, also 62 864 MJ/a.

Die zur Realisierung des Nullenergiehauses nötigen zusätzlichen Aufwendungen an Primärenergie, die die im Kanton Zürich vorgeschriebenen Isolationsmassnahmen übersteigen und ein vergleichbares Haus in reiner Holzkonstruktion an-

Zusätzlicher Materialbedarf	kg	MJ/kg	tot. MJ
KS-Steine	220 000	1,00	220 000
Beton/Mörtel unarmiert	139 500	0,85	118 575
Fenster (zusätzl. 50 m^2)	13 500	11,00	148 500
Isolation*	26 500	4,60	121 900
Schaumglas	6 900	69,00	476 100
Holz	17 000	14,00	238 000
Total	423 400		1 323 075
Transport 200 km		0,78	379 002
Entsorgung		0,60	291 540
Handel		0,40	116 616
Flächenbilanzen		0,20	264 615
Total			2 374 848

* wir übernehmen die Werkangabe der Herstellerfirma[5], obwohl wir für unseren Gebrauch, wie oben dargestellt, mit weit höheren Werten rechnen.

nehmen, werden in der Tabelle aufgezeigt. Die Bezugswerte stammen aus dem Ökoinventar der ETHZ[3] und der Datensammlung Graue Energie für Baustoffe[4] mit obigen Korrekturen.

In Abzug zu bringen ist der Primärenergieaufwand für die eingesparte Energie (z.B. eine Ölheizung, Bodenheizung, Kunststofftanks 4000 l, inklusive Heizöl für 25 Jahre) von rund 50 000 MJ, es verbleiben also rund 2,32 TJ. Infolge der tief eingesetzten Primärenergiewerte für die Isolation[5] ist diese Berechnung optimistisch. Die energetische Amortisationsdauer des Nullenergiehauses beträgt somit 47 Jahre.

Aus dieser Schätzung entsteht eine grosse Unsicherheit über die energetische Rentabilität des Objekts. Die Lebensdauer vieler verwendeter Materialien[6] liegt unter der errechneten Amortisationsdauer des Hauses.

Schlussfolgerungen

Solange keine vereinheitlichten Anforderungen für die Berechnung der Primärenergie vorliegen, bleiben darauf basierende energetische Konzepte Ideologien. Zur Erfassung der grauen Energie ist eine Harmonisierung der Begriffe, Systemgrenzen, Datenbasen und der Methoden erforderlich. Dies könnte durch entsprechende Berechnungsrichtlinien des SIA als allgemeine Basis oder durch eine Steuerungsmassnahme des Bundes erfolgen. Keinesfalls nützt es, dabei philosophisch festzustellen, «...heute haben wir die Wahrheit gesucht und nicht gefunden, morgen suchen wir weiter...».

Adresse des Verfassers:
Norbert C. Novotny, dipl. Ing. ETH, Dr. sc. techn., Tramstr. 48, 8050 Zürich

Anmerkungen

[1]ETHZ, Laboratorium für Energiesysteme: Die ökologische Rückzahldauer der Mehrinvestitionen in zwei Nullenergiehäusern, 1991

[2]SI+A: *Humm O.*, Energieforschung im Hochbau, Nr. 46/1996

[3]ETHZ und PSI: Ökoinventare für Energiesysteme, 1994

[4]Büro für Umweltchemie: Graue Energie, 1995

[5]Isofloc: Energie- und Schadstoffbilanz von Isofloc, 1991

[6]Amt für Bundesbauten: Nutzungszeiten von Gebäuden und Bauteilen, 1994

Rechtsfragen

Gleichbehandlung im Submissionsverfahren

Das aargauische Verwaltungsgericht hat in zwei kürzlich ergangenen Urteilen festgehalten, dass die Mitwirkung eines Planers oder eines Unternehmers bei der Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen deren anschliessende Teilnahme in der Submission zwingend ausschliessen müsse. Der Grundsatz der Chancengleichheit gebiete: Wer einen Auftrag vorbereitet, offeriert nicht! Ein fairer Wettbewerb sei nur möglich, wenn für sämtliche Bewerber die gleichen Wettbewerbsbedingungen bestehen würden. Das Verwaltungsgericht wörtlich: «Wirkt ein Anbieter nun in irgendeiner Weise bereits bei der Ausarbeitung des Projektes oder der Submissionsformulare mit, ist es offensichtlich, dass ihm - nebst gewissen Vorteilen in zeitlicher Hinsicht - ein Wissensvorsprung gegenüber seinen Konkurrenten zukommt. Er weiss, wo das Devis Schwachstellen aufweist, welche Positionen auszuführen sind, welche möglicherweise wegfallen, wo also am ehesten gespart werden kann. Hinzu kommt, dass in solchen Fällen die Gefahr von bewussten Manipulationen bei der Ausarbeitung des Devis nicht zu bestreiten ist ... Ob sich derjenige, der zunächst bei der Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen mitwirkt und anschliessend als Bewerber auch an der Submission teilnimmt, im konkreten Fall tatsächlich einen Vorteil verschafft oder einen solchen verschaffen könnte, kann nicht entscheidend sein. Es muss genügen, wenn Umstände vorliegen, die den Anschein erwecken, es bestünden nicht für alle Bewerber gleiche Voraussetzungen und ein fairer Wettbewerb sei nicht garantiert. Insofern liegt eine mit der Frage der Unparteilichkeit von Richtern vergleichbare Situation vor.» In beiden Fällen wurde daher der Zuschlag an die Firma, welche den Devistext für die jeweilige Gemeinde vorbereitet hatte, auf Beschwerde eines Mitbewerbers aufgehoben (Urteile des VGr. AG vom 25.8.1997, Art. Nr. 61 sowie vom 3.11.1997; Art. Nr. 96).

Roland Hürlimann